WILLIAMS & NORGATE

Digitized by Google

600036656W

Digitized by Google

Grundriß
der
Naturlehre

von

Friedrich Albrecht Carl Gren,
Professor zu Halle.

BIBL.D,PHARM.GESEL

Mit funfzehn Kupfertafeln.

Dritte ganz umgearbeitete Auflage.

Halle,
bey Hemmerde und Schwetschke.
1797.

I. D.

Digitized by Google

600036656W

Digitized by Google

Grundriß
der
Naturlehre

von

Friedrich Albrecht Carl Gren,
Professor zu Halle.

BIBL.D,PHARM.GESELS.

Mit funfzehn Kupfertafeln.

Dritte ganz umgearbeitete Auflage.

Halle,
bey Hemmerde und Schwetschke.
1797.

D.

Digitized by Google

widmet

dieses Lehrbuch

als

einen öffentlichen Beweis

seiner

Hochachtung und Freundschaft

der Verfasser.

Digitized by Google

Vorrede.

Die Fortschritte, welche die Experimentalnaturlehre seit der ersten, und selbst seit der zweyten, Ausgabe dieses Buchs gemacht hat; die Entdeckung vieler neuen Thatsachen in diesem Zeitraume; die Berichtigung mehrerer Lehren, und die Menge neuer Ansichten, zu welchen in dem Gebiete dieser Wissenschaft der vereinigte Fleiß so vieler Naturforscher des In- und Auslandes Gelegenheit gegeben hat, machte es mir zur Pflicht, diese Ausgabe ganz umzuarbeiten. Die Veränderungen, die sie dadurch erlitten hat, sind von der Beschaffenheit, daß sie als ein ganz neues Werk angesehen werden kann. Es wäre keinesweges genug gewesen, neue Entdeckungen bloß in Anmerkungen hier und da einzuschalten;

es

Digitized by Google

es mußten ältere, nicht weiter haltbare, Theorien ganz aufgeopfert, viele Lehrmeinungen ganz umgearbeitet werden, wodurch denn Form und Materie des Buchs durchaus eine Veränderung erlitt. Ich habe keinen Fleiß gespart, um das Werk in Hinsicht der Materien so vollständig als möglich zu machen, und eine Uebersicht alles Wissenswürdigen in dem Gebiete der Naturlehre zu geben; und ich darf mir schmeicheln, darin keinem meiner Vorgänger nachzustehen. Die neue Ordnung, in welcher ich die einzelnen Lehren gestellt habe, gewährt nicht nur eine natürliche Verknüpfung derselben, sondern erleichtert auch die Uebersicht des Ganzen, welches bey der Menge von Thatsachen gewiß ein nothwendiges Erforderniß ist. Kenner werden übrigens bald finden, daß ich nicht bloß das Alte und Neue gesammelt habe, sondern daß viele Sätze mir eigenthümlich zugehören.

Der erste Theil, welcher die allgemeine Naturlehre enthält, hat sehr beträchtliche Abänderungen und Zusätze. Im ersten Hauptstücke desselben trage ich die metaphysische Naturlehre vor, die mit Recht den übrigen Theilen

der

der Physik vorangehen muß. Es ist in der That unverzeihlich, die Aufklärungen, welche die kritische Philosophie hier verschafft hat, zu ignoriren. Die Gründe derselben für das dynamische und gegen das atomistische System bestimmten meine Ueberzeugung für das erstere; doch trage ich auch das letztere zugleich vor. Ich habe in diesem Abschnitte ganz auf Kants metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft gebauet; ich brauchte aber nicht die Ordnung zu befolgen, wie er bey der ersten Begründung seines Systems thun mußte, nämlich den Begriff der Materie nach den Momenten der Kategorien durchzuführen. Die ganze reine Bewegungslehre gehört mit Recht zu diesem Abschnitte, da sie die Materie bloß als beweglich, ohne andere empirische Eigenschaften derselben, zum Grunde legt. Die Behauptungen, welche der sel. Gehler gegen die Sätze von Trägheit, Masse und Widerstand gemacht hat, gründen sich auf einen bloßen Mißverstand, der freylich sehr allgemein ist. Ich habe es für unnöthig gehalten, mich auf eine detaillirte Widerlegung derselben, die mir sehr leicht geworden seyn würde,

ein=

Digitized by Google

einzulassen. Unbefangene Kenner werden sehr leicht selbst entscheiden können; und für diese ist das, was ich beym §. 62. gesagt habe, hinlänglich, ihr Urtheil zu bestimmen. Im zweyten Hauptstücke handle ich von den Grundstoffen der Körper, die wir durch die neuere Chemie kennen, freylich nur vorerst im Allgemeinen; und dann von den Formen, worin uns die Materien unserer Welt erscheinen. Ich leite diese Formen von den verschiedenen wechselseitigen Verhältnissen der beyden Grundkräfte der Materie bey den specifisch verschiedenen Arten derselben ab. Die Lehre von der Krystallisation fand hier ihren Platz. Die mannigfaltigen Phänomene der Cohärenz stehen ebenfalls damit im Zusammenhange, die wiedrum auf die Lehren von den chemischen Verwandtschaften führen. Die chemische Auflösung ist kein geringer Beweis für das dynamische System. Um eines neuern Sophisten in der physischen Chemie willen, hätte ich wohl näher darauf hinzeigen sollen, (ob es gleich von selbst aus dem Gesagten fließt,) daß die Kraft, welche das Anhängen liquider Materien an feste bewirkt, von der, wel-

Digitized by Google

che die Auflösung fester in liquiden hervorbringt, nur dem Grade nach verschieden ist. Im erstern Falle nämlich ist die Anziehung zwischen den Theilen des festen und liquiden Stoffes nur größer, als zwischen den Theilen des letztern allein; im andern Falle ist sie hingegen größer, als die Summe der respectiven Anziehungen zwischen den Theilen des liquiden Stoffes unter sich, und zwischen den Theilen des festen Stoffes unter sich. Im **dritten Hauptstücke** handle ich die Phänomene der Schwere im Allgemeinen ab, die alle Körper, in so fern sie schwer sind, und ohne Rücksicht auf ihre Form, ob sie nämlich fest, liquid oder expansibel sind, zeigen. Dahin gehört die Lehre vom freyen Falle, vom Falle auf der schiefen Ebene, von den Pendelschwingungen, von der Wurfbewegung, von der Centralbewegung schwerer Körper. Das **vierte Hauptstück** enthält die Phänomene **schwerer fester Körper**, und begreift die Lehre vom Schwerpuncte fester Körper, vom Gleichgewichte derselben, und von ihrem Stoße. Im **fünften Hauptstücke** sind die Phänomene **schwerer liquider Körper** vorgetragen; oder

es

es enthält den hydrostatischen Theil der Naturlehre. Die Tabelle über die eigenthümlichen Gewichte (S. 242.) habe ich so vollständig als möglich zu machen gesucht. Das sechste Hauptstück, von den Phänomenen schwerer expansibeler Flüssigkeiten, ist ganz neu hinzugekommen. In den vorigen Ausgaben waren die Lehren vom Drucke der Luft, der von ihrer Schwere und ihrer Elasticität abhängt, in der besondern Naturlehre, unter dem Abschnitte von der Luft, abgehandelt worden; allein die Gesetze des Druckes und Gleichgewichts der atmosphärischen Luft kommen allen schweren expansibelen Flüssigkeiten, allen Gasarten und Dämpfen, zu. Sie gehören also in die allgemeine Naturlehre, indem man das Wort: Luft, hier im generischen Sinne nehmen kann. Der Abschnitt von der Luft fällt in der besondern Naturlehre nun weg; denn die Lehre von der Gasbildung im Allgemeinen, und von dem Einflusse der Wärme auf Elasticität der Luft, ist beym Wärmestoffe abgehandelt; die Untersuchungen über die specifische Natur der einzelnen Gasarten aber sind zerstreuet bey der Betrachtung der ponderabelen einfachen

Stoffe,

Stoffe, die ihre respectiven Grundlagen ausmachen, im zweyten Theile angestellt worden. Ein System der Naturlehre soll ja kein Wörterbuch derselben seyn. Die Lehren vom Schalle und Tone, die sonst auch in der besondern Naturlehre, und zwar bey dem Artikel: Luft, standen, machen jetzt in der allgemeinen Naturlehre das siebente Hauptstück, das die Schwingungsbewegungen schallender und klingender Körper begreift. Die Luft ist nicht der einzige, ursprünglich schallende Körper, ob sie gleich ein gemeines Fortpflanzungsmittel des Schalles ist. Die eigenthümlichen Schwingungsbewegungen beym Schalle und Klange kommen allen contractilen und elastischen Körpern zu; sie gehören folglich für die allgemeine Naturlehre. Ich habe diesem Abschnitte das Wichtigste aus den vortrefflichen Chladni'schen Erfahrungen über die Schwingungsknoten und Klangfiguren einverleibt.

Der zweyte Theil oder die besondere Naturlehre hat im Ganzen noch beträchtlichere Umänderungen erlitten, als der erstere. Er ist bloß der Untersuchung der specifisch verschiedenen einfachen

fachen Stoffe und ihrer Verhältnisse unter einander, gewidmet. Der erste Abschnitt handelt vom Wärmestoffe. Er hat durchaus beträchtliche Zusätze und nähere Bestimmungen erhalten. Ich habe es nicht für nöthig geachtet, auf das, was Herr Scherer neuerlich gegen das Daseyn eines materiellen Wärmestoffes vorgebracht hat, Rücksicht zu nehmen. Ein gewisser Grad von Skepticismus ist zwar der Wissenschaft vortheilhaft; aber der Pyrrhonismus ist der Tod aller wahren Naturforschung. Das zweyte Hauptstück begreift das Licht. Die photometrischen Untersuchungen des Herrn Grafen von Rumford, die neuen Entdeckungen in der Anatomie des Auges, sind gehörigen Orts eingeschaltet, und die Gründe, worauf die Einrichtung achromatischer Fernröhre beruhet, mehr entwickelt worden. Ganz neu sind die nähern Untersuchungen über die Mischung und Entwickelung des Lichts und seine Verbindung mit Wärmestoff. Bey unparteyischen und wahrheitsliebenden Forschern, die auf die Sache und nicht auf Namen sehen, brauche ich mich wohl nicht zu entschuldigen, daß ich nach Herrn Richter hier

noch

noch den Namen: Brennstoff, brauche. Diejenigen aber, welche Namen und Sache als altfränkisch und deshalb verwerfen, weil es neufränkische Chemisten von Ansehen thun, werden sich vielleicht beruhigen, wenn ich ihnen sage, daß das System, welches ich befolge, noch neuer ist, als das neufränkische. Im dritten Hauptstücke sind die schweren einfachen Stoffe, ihre Verbindungen und wechselseitigen Verhältnisse abgehandelt. Dieser Abschnitt enthält die ganze physische Chemie. Ich eröffne die Untersuchungen darüber mit der Lehre vom Verbrennen, und setze dadurch diesen Abschnitt mit den vorigen in genauen Zusammenhang. Das vorige System der Chemie habe ich ganz aufgegeben; man wird jetzt alle Thatsachen des antiphlogistischen Systems zum Grunde gelegt finden, dessen Lücken aber durch die neue Lehre vom Brennstoffe ergänzt sind. Das vierte Hauptstück, von der electrischen Materie, ist ganz umgearbeitet. Die Gründe, welche ich § 1315. angeführt habe, haben mich für das Franklinische System bestimmt, das ich in den vorigen Ausgaben nur kurz berührt hatte. Indessen ha-

be ich die Erklärungen aller hauptsächlichen Phänomene der Electricität auch nach dem dualistischen Systeme vollständig mitgetheilt. Die Erscheinungen der so genannten thierischen Electricität habe ich jetzt so umständlich vorgetragen, als es der Zweck des Buchs erlaubte. Sie sind nunmehr durch die scharfsinnigen Untersuchungen des Herrn Volta, wie ich glaube, völlig aufgeklärt, und für die Lehre von der Electricität kein geringer Zuwachs. Meine Theorie über die Natur und das Wesen der electrischen Materie empfehle ich den Kennern vorzüglich zur Prüfung und nähern Beurtheilung; ich bitte aber dabey auf den Zusammenhang derselben mit der Theorie von der Natur des Lichts im zweyten Abschnitte die nöthige Rücksicht zu nehmen. Im fünften Hauptstücke, von der magnetischen Materie, sind die seit der letztern Ausgabe mir bekannt gewordenen neuen Entdeckungen nachgetragen; dagegen ist keine Theorie des Magnetismus beygefügt worden, weil jede bekannte unzulänglich ist, und jede neue hinzugekommene Thatsache jede vorige Theorie bisher umgestoßen hat.

Man

Man wird den letzten Abschnitt der vorigen Ausgaben in dieser ganz vermissen; allein ich habe mir vorgenommen, in einem besondern Bande die specielle Betrachtung unseres Erdkörpers in astronomischer, geologischer und meteorologischer Beziehung näher abzuhandeln. Bey den Fortschritten, welche die Experimentalwissenschaften glücklicher Weise machen, wird ihr Umfang immer größer; aber es darf der Wissenschaft wohl nicht zum Vorwurfe gereichen, daß zu ihrem, einiger Maßen vollständigen, Lehrvortrage der halbjährige Cursus nun nicht mehr hinreichend bleibt.

Uebrigens habe ich mich bemühet, in meinem Buche die Mittelstraße zwischen einem kurzen aphoristischen Vortrage und einem ausführlichen Discours zu halten, die nöthigen Versuche mit Deutlichkeit zu beschreiben, die Erklärungen mit Bestimmtheit zu geben, und besonders die Gesetze, wornach die Wirkungen geschehen, herauszuheben. Da, wo der compendiarische Zweck des Buchs keine nähere Beschreibung der Werkzeuge und Versuche verstattete, habe ich die nöthigen litterärischen Nachweisungen gegeben.

ben. Ueberall wird man mein Bestreben, dem Werke mehrere Vollkommenheit zu verschaffen, bey Vergleichung mit der letztern Ausgabe wahrnehmen können. Halle, den 8ten May 1797.

F. A. C. Gren.

Druck- und Schreibfehler.

Seite 24, §. 31, Zeile 3 und 4 statt einander lies gegen einander

S. 44, Z. 17 st. Zeiten l. Geschwindigkeiten.

S. 49, §. 80, Z. 8 st. Qualität l. Quantität.

S. 64, Z. 4 st. AB l. Ab.

S. 78, §. 122, Z. 9 st. torpfbar l. tropfbar

S. 267, Z. 8 st. längern l. kürzern

S. 282, Z. 8 st. CB zu CE l. CE zu CB.

S. 531, Z. 1 st. aus der Luft l. aus dem Glase in die Luft

S. 656, §. 1033, Z. 2 st. antiphlogistischen l. phlogistischen

Grundriß
der
Naturlehre.

Einleitung.

§. 1.

Natur heißt der Inbegriff der Kräfte eines Dinges.

Rob. Boyle tr. de ipsa natura, sive libera in receptam naturae notionem disquisitio. Genev. 1688. 4. und in der lateinischen Uebersetzung seiner Operum, eb.

Sonst versteht man auch unter dem Worte, *Natur*, die erste Grundursach der Erscheinungen in der Welt, oder die hervorbringende Ursach der Dinge und ihrer Wirkungen, und darauf beziehen sich die Ausdrücke: *die Natur bringt hervor, die Natur thut dies und jenes*, u. s. w. Dies war die *Natura naturans* der Scholastiker. Ferner braucht man das Wort, *Natur*, auch für den Inbegriff aller materiellen Dinge, oder gleichbedeutend mit dem Worte, *Welt*; und darauf beziehen sich die Redensarten: *Man trifft in der ganzen Natur dies und das nicht an*, u. d. m. In diesem Sinne ist es die *Natura naturata* der Scholastiker.

Natürlich, künstlich, unnatürlich (praeter naturam), widernatürlich (contra naturam), und wunderbar. Bedeutung und Unterschied dieser Worte.

§. 2. Kraft nennen wir jede Ursach der Veränderung des Zustandes eines Dinges oder der Dinge.

§. 3. Für uns ist keine andere Veränderung des Zustandes der Dinge gedenkbar, als die ihr räumliches Verhältniß betrifft; folglich sind Kräfte Ursachen der Aenderung des räumlichen Verhältnisses der Dinge, entweder unter einander oder in ihren

Theilen; oder mit andern Worten, **Kraft** ist, wa
Bewegung hervorbringt, oder hemmt.

§. 4. **Naturwissenschaft** oder **Naturlehre** (Phy
sica), im weitläufigsten Sinne des Worts, ist dem
nach die Wissenschaft von den Ursachen der Verän
derung des Zustandes der Dinge. Wir schränken
sie indessen nur auf Gegenstände der äußern Sinne,
oder auf materielle Dinge ein.

§. 5. Wir nennen die Veränderungen, die sich
in Ansehung des Zustandes der Dinge der Sinnen
welt zutragen, **Naturbegebenheiten** oder **Erschei
nungen** (Phaenomena). Die Ursachen derselben auf
zusuchen und anzugeben, ist eben der Zweck der Natur
lehre (§. 4.).

§. 6. Diese **rationelle Naturlehre** setzt die **histo
rische** voraus, welche die Aufzählung der Gegenstände
der Sinnenwelt zum Zweck hat, die wesentlichen Kenn
zeichen, durch welche sich die natürlichen Körper von
einander unterscheiden, angiebt, und sich mit ihrer
systematischen Klassification beschäftigt. Man nennt
die letztere, **Naturgeschichte** (Historia naturalis),
und unterscheidet sie noch von der **Geschichte der
Natur**, welche die Veränderungen, die unsere Sin
nenwelt erlitten hat, erzählt, wovon wir aber nur
Bruchstücke besitzen.

Man schränkt, wegen des weitläufiger Umfanges, die Na
turlehre nur auf die sogenannte todte Natur ein, mit
Ausschluß der Phänomene des Lebens organischer Körper,
die man in der Physiologie abhandelt.

§. 7. Die Naturlehre **erklärt** die Naturbege
benheiten (§. 5.), wenn sie die Ursachen derselben
angiebt.

§. 8.

§. 8. Bey diesen Entwickelungen der Ursachen von den Naturbegebenheiten kommt sie endlich auf solche zurück, die nicht mehr ein Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmung sind, und die daher außer den Gränzen unserer Erkenntniß liegen. Sie muß bey diesen Ursachen, als **Grundkräften**, stehen bleiben, wenn sie die Schranken unserer Erfahrungserkenntniß berechtigen. Von diesen letzten Ursachen kennen wir nur die Wirkungen, nicht die wirkende Ursach an sich. Alle Speculationen und alles Dogmatisiren über diese letzten Grundursachen hat die Wissenschaft nicht im mindesten gefördert; und wenn es auch gleich möglich, und sogar auch wahrscheinlich seyn möchte, daß die, welche wir für Grundursachen halten, noch zusammengesetzt seyn können, so müssen wir uns doch bey ihnen beruhigen, so lange uns zu ihrer Zergliederung alle Erfahrung verläßt.

Das Aufsteigen des Wassers in dem Stiefel der Saugpumpe ist eine Naturbegebenheit (nach §. 5.). Sie wird erklärt durch den Druck der Luft; denn in diesem liegt der zureichende Grund dieser Veränderung. Die Luft selbst aber drückt durch die Schwere ihrer Theile, und die Ursach dieser Schwere, oder die Schwerkraft, liegt außer den Gränzen unserer sinnlichen Wahrnehmung. Wir bleiben daher bey ihr, als einer Grundursach, oder einer Grundkraft stehen, deren Wirkung wir nur erfahren, die wir aber an sich selbst nicht erkennen können.

§. 9. Alle Naturbegebenheiten geschehen nach gewissen unabänderlichen Regeln in der Körperwelt, und die Wirkungen erfolgen immer auf einerley Art, wenn sich die Körper in einerley Umständen befinden. Die Bestimmungen dieses beständigen Erfolgs der Wirkungen bey Körpern unter einerley Umständen nennt man **Naturgesetze** (Leges naturae). Sie sind

 freylich

freylich nur Folgerungen, welche wir aus den Wirkungen der Körper ziehen, oder Gesetze, welche wir in die Körperwelt eintragen. Nur die Wirkungen sind in der Natur, die Gesetze dazu legt unser Verstand hinein. Die Kenntniß dieser Naturgesetze ist indessen für uns von der größesten Wichtigkeit und vom größesten Nutzen. Sie verschaffen uns eine allgemeinere Uebersicht der Phänomene, bringen Einheit in unsere Vorstellungen, und belehren uns von dem, was geschehen kann und wird, oder nicht wird, wenn diese oder jene Umstände eintreten. Indessen muß man zugeben, daß, wenn man die Naturbegebenheiten auf allgemeinere Naturgesetze zurückführt, dies noch nicht dieselben erklären (§. 7.) heißt; oder daß Kenntniß der Naturgesetze noch nicht Kenntniß aus Ursachen ist. Beide thun aber auch einander keinen Eintrag, und es bleibt dem ohngeachtet wahr, daß die Kenntniß der Gesetze der Natur mehr werth ist, als Erklärungen aus Hypothesen, und daß wir in sehr vielen Fällen besser thun, uns erst um diese Gesetze zu bekümmern, ehe wir es wagen dürfen, nach den Ursachen zu forschen. Der Nutzen der Kenntniß der Naturgesetze fließt aus ihrer Allgemeinheit und Beständigkeit.

Als Beyspiele zur Erläuterung dienen hier: die Zeit des Trächtigseyns der Thiere; das Gesetz der Brechung des Lichts; das Verhältniß, das hierbey zwischen dem Sinus des Einfallswinkels, und dem des gebrochenen Winkels Statt findet; das Gesetz des Falles der schweren Körper im leeren Mittel; das hydrostatische Gesetz; das Reflexionsgesetz; das Gesetz des Anziehens ungleichnamiger Pole des Magnets; des Abstoßens gleichnamiger Pole desselben, u. d. m.

Beyspiele des Nutzens für die Ausübung geben: die Anwendung des Gesetzes der Leitung der electrischen Materie zu Gewitter-

Gewitterableitern; die Anwendung der Kenntniß der Verwandtschaftsgesetze in der Chemie, u. a.

§. 10. Bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten erforscht die Naturlehre die Ursachen derselben, welche den Grund von jenen in sich enthalten, auf eine doppelte Weise, theils durch **Erfahrungen** (Experientiâ), theils durch **Folgerungen** und **Vernunftschlüsse** (Ratiocinio), die sie aus den Erfahrungen zieht.

§. 11. Erfahrungen (§. 10.) heißen die Wahrnehmungen der Veränderungen an den Materien unserer Welt durch unsere Sinne. Wir lassen hiebey die Dinge entweder in dem Zustande, worin sie sich ohne unser Zuthun befinden, und dann heißt die Erfahrung eine **Beobachtung** oder **Bemerkung** (Observatio); oder wir verändern dabey vorsetzlich ihren Zustand, und lassen sie bey veränderten Umständen andere Wirkungen äußern, die sie für sich selbst nicht hervorgebracht haben würden; in diesem Fall nennt man die Erfahrung einen **Versuch** (Experimentum).

§. 12. Durch Versuche lernen wir Wirkungen und Kräfte der Dinge kennen, die wir durch bloße Beobachtungen vielleicht nie würden wahrgenommen haben, und dringen durch sie tiefer in die Natur der Körper ein. Sie verleiten aber auch, zumal wenn sie sehr verwickelt sind, viel leichter zu Irrthümern als bloße Beobachtungen. Mangel an Beobachtungen macht Versuche nothwendig; aber die Versuche müssen auch auf Beobachtungen zurückführen, wenn sie alle Phänomene unter einander verbinden, und die allgemeinsten

meinsten Ursachen entwickeln sollen. Bey manchen Dingen ist die Erfahrung durch Versuche unmöglich.

§. 13. Die Mittel, durch welche wir Erfahrungen anstellen, und die Veränderungen mit den Sinnen wahrnehmen, oder der Unvollkommenheit unserer Sinne zu Hülfe kommen, heißen **Werkzeuge, Instrumente**. Man begreift sie zusammen unter dem Namen des **physischen Apparats** (Suppellex physica). Einfachheit, Genauigkeit und Reinlichkeit sind nothwendige Erfordernisse derselben.

§. 14. Zur Anstellung der Erfahrung wird eine gute Beschaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne (wenn sie Statt haben kann), Aufmerksamkeit auf alle Umstände, um nichts zu übersehen, die strengste Genauigkeit, Vorsicht, Mangel an Vorurtheil, Unpartenlichkeit, und endlich Vollkommenheit der Werkzeuge erfordert. Die Abänderung der Versuche ist von dem größten Nutzen, und schützt uns desto sicherer vor Irrthümern.

§. 15. Bloße Erfahrungen können keinen Nutzen haben, wenn nicht Folgerungen und Schlüsse auf die Natur des untersuchten oder wahrgenommenen Gegenstandes daraus hergeleitet werden können. Der **Naturforscher** muß daher auch aus den Erfahrungen, die über die Dinge angestellt worden sind, durch richtige Schlüsse die Natur der Körper bestimmen und die Ursachen der Naturbegebenheiten entwickeln; dann aber auch seine Folgerungen durch Versuche und Beobachtungen, auch unter abgeänderten Umständen,

zu

zu bestätigen suchen. Er muß zuerst die Kräfte der Stoffe **analytisch** erforschen, und dann aus ihrer Verbindung unter einander **synthetisch** die Folgerungen machen, die zur Erklärung der Veränderungen und der Naturbegebenheiten dienen. Er verdient den Namen eines **Naturphilosophen**, wenn er bey den Erklärungen der mannigfaltigen Naturbegebenheiten sie bis auf die letzten Grundursachen zurückführen kann.

Franc. Bac. de Verulamio de interpretatione naturae; in seinen *Operibus*. Lipſ. 1694. *fol.* S. 264 ff. *Torb. Bergmann* de indagando vero; in seinen *Opusc. phyſ.-chemic. Vol. I.* Holm. et Lipſ. 1779. 8. im *Introitu*. *J. Sennebier* l'art d'obſerver. à Génève 1775. T. I. II. Die Kunst zu beobachten, von J. Sennebier, a. d. Fr. von Gmelin. Leipz. 1776. T. I. II. 8. *Carrard* art d'obſerver. à Amſterdam 1777. 8.

§. 16. Die Erklärungen, die weder auf Erfahrungen, noch auf richtigen Vernunftschlüssen beruhen, dürfen schlechterdings nicht Statt finden. Da wir aber bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten nicht immer die wirkenden Ursachen sinnlich wahrnehmen und untersuchen können, so nöthigt uns in diesem Falle die Befriedigung des Bedürfnisses unseres Geistes, eine Ursache im Voraus anzunehmen, aus der wir die beobachteten Wirkungen folgern. Diese Erklärungsart heißt die **hypothetische**, und ist der **categorischen** entgegengesetzt, wo man auf sinnlich zu erweisende Ursachen zurückgeht.

§. 17. Nur der Mißbrauch der Hypothesen ist verwerflich; der gehörige und kluge Gebrauch derselben ist oft nützlich. Sie geben nicht selten Gelegenheit zu neuen und abgeänderten Versuchen, und bieten

ten also Stoff zur Erweiterung unserer Kenntniß und zur Erforschung der Eigenschaften der Körper dar; und es ist nicht zu leugnen, daß sie selbst zur Erfindung der Wahrheit, und zur Vervollkommnung der Naturlehre beygetragen haben. Nur muß man bey der hypothetischen Erklärungsart zugestehen, daß sie nichts weiter, als hypothetisch ist.

§. 18. Eine Hypothese muß, wenn sie zur Erklärung zugelassen werden soll, auf Versuchen oder Beobachtungen beruhen, zur vollständigen und ungezwungenen Erklärung der Naturbegebenheiten hinreichen, und keinem andern ausgemachten und allgemeinen Naturgesetze widersprechen. Diese Eigenschaften bestimmen ihre Wahrscheinlichkeit, und diese steigt bis zur höchsten Stufe, wenn alle und jede Folgerungen daraus hergeleitet und die Unmöglichkeit einer jeden andern Voraussetzung dargethan werden kann. Die **analogischen** Erklärungen sind oft nützlich, aber sehr leicht trügerisch, und also nur mit der größten Vorsicht anzuwenden.

§. 19. Bey den Erklärungen sind folgende Regeln (*Regulae Newtonianae*) zu beobachten: 1) **Keine andere Ursachen sind für wahr zu halten, als welche zur ungezwungensten, einfachsten und verständlichsten Erklärung einer Naturbegebenheit nothwendig und hinreichend sind.** Die Ursachen aber sind wahr, a) wenn sie sinnlich in der Natur zu erweisen sind, und es ausgemacht ist, daß sie bey der beobachteten Naturbegebenheit zugegen waren,

alle

alle andere Ursachen aber dabey offenbar ausgeschlossen werden; b) wenn das Phänomen nicht bloß möglicher Weise, sondern offenbar daraus fließt; c) wenn unter abgeänderten Umständen eben dieselbige Ursach auch dieselbigen Phänomene hervorbringt; und d) endlich, wenn bey der Wegnahme der Ursach das Phänomen wegfällt.

Erläuterung durch das Beyspiel vom Aufsteigen des Wassers vermittelst des Drucks der Luft in Saugpumpen. *Petr. v. Muschenbroek* introd. ad philos. nat. L. B. 1761. 4. §. XXXI.

§. 20. 2) **Wirkungen von einerley Art müssen auch einerley Ursach zugeschrieben werden.** Hierbey muß man sich aber hüten, von der Aehnlichkeit und der Uebereinstimmung gewisser Umstände verschiedener Phänomene auf die Identität ihrer Ursach zu schließen, und oft hält es schwer, das Zufällige, was die Aehnlichkeit macht, von dem Wesentlichen zu unterscheiden.

Muschenbroek a. a. O. §. XXXIV.

§. 21. 3) **Die Eigenschaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig sind, und die man bey allen Körpern, mit denen man Versuche anstellen kann, antrifft, sind für allgemeine Eigenschaften der Körper zu halten.**

Muschenbroek a. a. O. §. XXXV.

§. 22. 4) **Die aus den Phänomenen durch Induction gesammelten Sätze müssen wir, ohngeachtet der entgegenstehenden Hypothesen, für völlig wahr, oder sehr nahe für wahr halten, bis wir auf andere Phänomene treffen, durch die sie entweder**

weder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden.

Muschenbrock a. a. O. §. XXXVI.

Isaac Newton Philosoph. natural. princip. mathem. L. III.

§. 23. Zur philosophischen Erklärung der natürlichen Begebenheiten und Wirkungen der Materie, wird außer der nöthigen historischen Kenntniß der Körper erfordert, daß man die ungleichartigen Bestandtheile der Körper, und die einfachen Stoffe überhaupt, die Art und Weise ihrer Vereinigung, und ihre Verhältnisse unter einander kennt; und dann endlich, daß man die Größe ihrer Kraft gehörig ermessen kann. Die **Naturgeschichte**, die **Chemie**, und die **Mathematik** werden also die Grundlage, auf welche man das Gebäude der philosophischen Naturlehre errichten muß.

§. 24. Auf diese Art wird dann die Naturlehre, so unvollkommen sie auch noch ist, zu der nützlichsten Wissenschaft erhoben, die unserm Verstande Nahrung, und unserm physischen Zustande Vortheil verschaffen kann. Sie giebt die unverkennbarsten Fingerzeige von dem Daseyn eines allmächtigen, weisen und gütigen Wesens, reißt uns unwiderstehlich zur Bewunderung desselben hin, und erhöhet unsern Glauben an dasselbe; sie macht uns näher mit uns selbst bekannt; sie lehrt uns die Körper kennen, deren wir uns täglich zu unserm Unterhalte bedienen; sie zeigt uns den Nutzen mehrerer für unsere Gesundheit, und lehrt uns den Nachtheil anderer für uns gehörig meiden; sie giebt Mittel an die Hand, die natürlichen

Dinge

Dinge zur Nothdurft und Bequemlichkeit des Lebens anzuwenden; sie unterhält uns auf die angenehmste Weise, und schafft Vergnügen; sie zerstört am kräftigsten die Fesseln des Aberglaubens, schützt uns vor thörichten Folgen desselben; und endlich, (was kein unbeträchtlicher Nutzen ist!) sie führt uns eben so zur Demuth und Bescheidenheit, und zeigt uns, **daß unser Wissen höchst eingeschränkt ist**, als sie uns zur weitern Anstrengung unserer Verstandeskräfte immer mehr und mehr ermuntert, und Gelegenheit darbietet.

§. 25. Da die Naturlehre eine **gemischte** Wissenschaft ist, so darf ihr Lehrvortrag sich nicht bloß auf speculative Betrachtungen einschränken, sondern er muß intuitive Kenntnisse ertheilen, die Lehrsätze aus Erfahrungen herleiten und durch Versuche beweisen. Die richtige Verbindung der **empirischen** mit der **speculativen** oder **theoretischen Physik** macht erst das Lehrgebäude vollständig. Am nützlichsten scheint mir die Methode, nach welcher man bey dem Vortrage die Theorie mit den Versuchen verwebt.

§. 26.

Geschichte der Naturwissenschaft.

Spuren physikalischer Wissenschaften bey den Völkern des höchsten Alterthums, den **Hindus**, den **Babyloniern** oder **Chaldäern**, **Persern**, und **Aegyptern**. — Data, als Beweise der wissenschaftlichen physikalischen Kenntnisse eines Volkes der Urwelt. Verfall dieser Kenntnisse bey den vorgenannten Völkern.

Wenige

Wenige Fortschritte der Naturlehre bey **den Griechen**, und Hindernisse derselben durch übertriebene Erklärungssucht und Speculation, und **Mangel** an Experimentaluntersuchungen. **Thales** (um das J. d. W. 3400), **Pythagoras** (3475), **Democritus** (3500), **Plato** (3638), **Aristoteles** (3664), und die **Peripatetiker**; **Epikur** (3900). Stiftung der Schule zu **Alexandrien**. Große Vervollkommnung der **Mathematik** und **Astronomie** bey den Griechen in dieser Schule: **Euklides** (300 J. vor C. G.), **Hipparchus** (160 J. vor C. G.), **Ptolomäus** (im 2. Jahrh. nach C. G.); **Archimedes** zu Syracus (250 J. vor C. G.).

Geringer Fortgang der wissenschaftlichen Naturlehre bey den **Römern**. **Lucrez** (im 1. Jahrhundert vor C. G.), **Seneca** und **Plinius** der ältere (im 1. Jahrh. nach C. G.).

Verfall der Naturlehre und der Weltweisheit überhaupt beym wachsenden Verfall des römischen Reichs. **Rabbalistische** und **gnostische Philosophie**. **Neuplatonische Philosophie**. Mystik. Alchemie.

Erhaltung und Bearbeitung mathematischer, astronomischer und chemischer Kenntnisse bey den **Arabern** (vom 9. J. nach C. G. an).

Traurige Beschaffenheit der Naturwissenschaft in den abendländischen Reichen, vom Einfall der kriegerischen nördlichen Völker ins römische Reich im 5ten Jahrh. nach C. G. bis zur allmäligen Wiederherstellung der Wissenschaften im 15. Jahrh. Scholastische

Philo-

Philosophie. Einige wichtige practische Entdeckungen dieses Zeitraums, des **Compasses**, der **Brillen**, des **Schießpulvers**. Fortschritte einzelner mechanischen Künste und Operationen. **Albrecht der Große** (im 13. Jahrh.), **Flavio Giojas** (im 14. Jahrh.).

Ursprung der **Experimental-Physik**. Schleunige Fortschritte der wissenschaftl. Kenntniß der Naturlehre: **Nicol. Copernicus** (geb. 1472, gest. 1543); **Tycho de Brahe** (geb. 1546, gest. 1601); **Franz Baco von Verulam** (geb. 1560, gest. 1626); **Galileo Galilei** (geb. 1564, gest. 1641); **Joh. Kepler** (geb. 1571, gest. 1630); **Peter Gassendi** (geb. 1592, gest. 1655); **Willebrord Snellius** (geb. 1591, gest. 1626); **Renat des Cartes** (geb. 1596, gest. 1650); **Evangelista Torricelli** (geb. 1618, gest. 1647); **Otto von Guerike** (geb. 1602, gest. 1686); **Rob. Boyle** (geb. 1626, gest. 1691); **Gottfr. Wilh. Leibnitz** (geb. 1646, gest. 1716); **Isaac Newton** (geb. 1642, gest. 1727).

Neuerer Zeitraum. Erweiterung der Lehre von der **Electricität**. Fortschritte der Naturlehre durch Vervollkommnung der Chemie. Entdeckungen in der Lehre von der **Luft** und den expansibeln **Flüssigkeiten**. Verdienste der Neuern; herrschende Mängel; Hindernisse, die ihren Fortschritten entgegen sind.

Es fehlt uns noch eine ausführliche und zusammenhängende **Geschichte der Naturwissenschaft**. Das Werk des Hrn. *de Loys: Abregé chronologique pour servir à l'histoire de Physique,* à Strasbourg,

T.

T. I — IV. 1786 — 89. 8. fängt erst mit **Galilei** vom J. 1589 an; die Ordnung desselben ist nicht musterhaft, und die nöthige Critik wird oft vermißt.

§. 27.

Verzeichniß einiger physikalischen Schriften.

1) Systeme und Lehrbücher.

1) *Isaac Newtoni* philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1687. 4. 1726. 4.

Eadem perpetuis commentariis illustrata, studio P. P. *Thomae le Sueur* et *Franc. Jacquier*. Genevae. T. I — IV. 1739. 4. 1750. 4.

Eadem commentationibus illustrata potissimum *Joannis Tessanek* et quibusdam in locis veterioribus *Th. le Sueur* et *Fr. Jacquier* aliter propositis. T. I. Pragae 1780. 4.

2) Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, auct. *Guil. Iac. S'Gravesande*. Leidae 1719. 4. 1744. T. I. II. 4. ed. 3a.

3) Christ. Wolfs Versuch zu genauerer Kenntniß der Natur und Kunst. Halle 1721 — 1723. B. I — III. 8.

4) *Petr. van Muschenbroek* introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. Bat. 1762. T. I. II. gr. 4.

5) Leçons de Physique experimentale, par Mr. l'Abbé *Nollet*. à Paris 1743 u. f. T. I — VI. 8.

Des Herrn Abts J. A. Nollet Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre. Aus d. Franz. Erf. 1749 — 1764. Th. 1 — 6. 8.

6) Joh. Andr. Segners Einleitung in die Naturlehre. Göttingen 1746. 8. 1754. 8. 1770. 8.

7) Praelectiones in Physicam theoreticam, conscriptae a *Geo. Wolg. Krafft*. Tubing. 1750. 8. in Physicae partes mechanicas. P. II. 1751. 8. in Physicae partes opticas et his cognatas. P. III. 1754. 8.

8) Joh. Pet. Eberhards erste Gründe der Naturlehre. Halle 1752. 8. 5te Auflage 1787. 8.

9) Com

9) Compendiaria physicae institutio, quam in usum auditorum elucubratus est P. *Mako*. Vindobonae. P. I. II. 1762. 8.

10) Institutionum physicae pars I. seu physica generalis, conscripta in usum tironum a *Carolo Scherffer*. Vindobonae. 1763. P. II. seu physica particularis. ib. eod. 8.

11) Leçons de Physique experimentale, par M. *Sigaud de la Fond*. à Paris 1767. T. I. II. 12.

Anweisung zur Experimental-Physik, a. d. Fr. des Hrn. Sigaud de la Fond. Dresden 1774. Th. I. II. gr. 8.

Ebendesselben Elémens de physique théorique et experimentale. à Paris 1777. T. I — IV. 8.

12) Anfangsgründe der Naturlehre, von Joh. Christ. Polyk. Erxleben. Göttingen 1772. 8. 1777. 8. mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg. 1784. 8. 1787. 8. 1791. 8. 1794. 8.

13) Wenzesl. Joh. Gustav Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. Zweyte Auflage von F. A. C. Gren. Halle 1790. 8.

14) Ebendesselben Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur, Halle 1783. 8.

15) Ebendesselben kurzen Entwurf der Naturwissenschaft. Halle 1785. 8.

16) *T. G. Kratzensteins* Vorlesungen über die Experimentalphysik. 6. Auflage. Kopenhagen 1787. 8.

17) Elémens de Physique en forme de Tables, par M. *Schurer*. à Strasbourg 1786. 8. T. I.

18) *I. H. van Swinden* positiones physicae. Harderovici T. I. 1786. T. II. 1787. gr. 8.

19) Grundlage zu meinen Vorlesungen über die Experimentalphysik, von Marcus Herz. Berlin 1787. 8.

20) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, von Immanuel Kant. 2te Auflage. Riga 1787. 8.

21) William Nicholson's Einleitung in die Naturlehre. Aus dem Engl. mit Zusätzen u. Anm. von A. F. Lüdike. B. I. II. Leipzig 1787. 8.

22) Grundriß des mathematischen u. chem.-mineral. Theils der Naturlehre, von Joh. Phil. Hobert. Berlin 1789. 8.

23) Geo.

23) Geo. Sim. Klügels Anfangsgründe der Naturlehr in Verbindung mit der Chemie und Mineralogie. Berlin und Stettin 1792. 8. und in dessen Encyklopädie, 2te Auflage, Th. II. Berlin und Stettin 1792. 8.

24) Vorlesungen über die Experimentalphysik, von F. C. Achard. Th. I — IV. Berlin 1791. 8.

25) Vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen jungen Herrn von Stande, von Michael Hube. Leipzig. B. I. II. 1793. B. III. 1794. 8.

26) Compendium institutionum physicarum in usum auditorum conscripsit *Matthaeus Pankl.* Posonii. P. I. II. III. 1793. 8.

27) Grundriß der öffentlichen Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre, von P. Maximus Imhoff. München. Th. I. 1794. Th. II. 1795. 8.

28) Ad. Wilh. Hauchs Anfangsgründe der Naturlehre, a. d. Dänischen übersetzt von Joh. Clem. Tode. Kopenhagen und Leipzig. Th. I. II. 1795. 8.

29) R. Sullivans Uebersicht der Natur, in Briefen an einen Reisenden. Aus dem Engl. mit einigen Anmerkungen. Leipzig. B. I. 1795, B. II. 1796. 8.

30) Lehrbuch der Naturlehre, von Jul. Conr. Yelin. B. I. Ansbach 1796. 8.

2) Wörterbücher.

Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre in alphabetischer Ordnung, von Joh. Sam. Traugott Gehler. Th. I. Leipzig 1787. Th. II. 1789. Th. III. 1790. Th. IV. 1791. Th. V. 1795. Th. VI. 1796. 8.

3) Vermischte Schriften.

1) *Franc. Bacon. de Verulamio* opera omnia, opera *Simon. Ioh. Arnoldi.* Lips. 1694. fol.

2) *Robert. Boyle* opera varia. Genevae 1680. 4 cum appendic. 1682 — 1688.

3) *Christ.*

3) *Christ. Hugenii* opera varia, cura *Guil. Iac. S'Gravesande*, T. I. II. Lugd. Bat. 1724. 4.

Eiusd. opera reliqua. T. I. II. Amstelod. 1728. 4.

4) *Petri van Muschenbroek* physicae experimentalis et geometricae dissertationes. Lugd. Bat. 1729. 4.

5) Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento, edit. a *Petr. van Muschenbroek*, Lugd. Bat. 1731. 4.

6) *Leon. Euleri* opuscula varii argumenti. T. I — III. Berol. 1746. 1750. 1751. 4.

(Ebendesselben) Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie. T. I — III. à Mitau 1770 — 1774. 8. Nouv. Edit. par M. *de Condorcet* et *de la Croix*. à Paris. T. I. 1787. T. II. 1788. gr. 8.

Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie. I — III. Th. Leipzig 1769 — 1774. gr. 8. Neue Ausgabe von Fr. Kries. B. I. Gotha 1792. gr. 8.

7) *Abr. Gotth. Kaestner* dissertationes mathematicae et physicae. Altenb. 1771. 4.

8) Recherches sur les modifications de l'atmosphère, par *Jean André de Luc*. T. I. II. à Génève 1772. gr. 4.

J. A. de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, und die zu Abmessung ihrer Veränderungen dienlichen Werkzeuge, a. d. Franz. Th. I. II. Leipzig 1776. 1778. 8.

9) Ebendesselben Idées sur la météorologie. T. I. II. à Londres 1786. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie, von J. A. de Luc, a. d. Fr. Th. I. II. Berlin und Stettin 1787. 1788. 8.

10) Voyages dans les Alpes, par *Horace Bened. de Saussure*. T. I — IV. à Génève 1780 — 1786. gr. 8.

Horat. Bened. von Saussure Reisen durch die Alpen. a. d. Franz. Leipzig 1781 — 1788. B. I — IV. 8.

11) Fr. Carl Achards chymisch-physische Schriften. Berlin 1780. 8.

12) Ebendesselben Sammlung physikalischer und chymischer Abhandlungen. B. I. Berlin 1784. 8.

13) *Torb. Bergmann* opuscula physica et chemica. Vol. I. II. Holm. Upsal. et Aboae 1779 — 1780. 8. Vol. III. ebendas. 1783 und Lips. 1786. gr. 8. Vol. IV — VI. edid. *Ern. Beni. Gottl. Hebenstreit.* Lips. 1787. 1788. 1790. gr. 8.

14) *Carol. Guil. Scheele* opuscula chemica et physica, ed. *Ern. Beni. Gottl. Hebenstreit.* Vol. I. II. Lips. 1788. 1789.

15) Experiments and observations on different kinds of air, by *Jos. Priestley.* Lond. 1774. 8. Sec. edit. 1775. 8. Vol. II. 1775. Vol. III. 1776. 8.

Dr. Jos. Priestleys Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft. a. d. Engl. Th. I. Wien und Leipzig 1778. 8. Th. II. 1779. Th. III. 1780.

16) Ebendesselben Experiments and observations relating to various branches of natural Philosophy; with a continuation of the observations on air. Lond. 1779. Vol. II. Birmingh. 1781. 8. Vol. III. Birmingh. 1786. 8. (Der Herr Verf. führt dies Werk als eine Fortsetzung des vorigen an. Eine neue Ausgabe beyder zusammen in 3 B. ist zu London 1790. vom Verf. herausgegeben).

Dr. Jos. Priestleys Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre. a. d. Engl. Leipzig 1780. B. II. Wien und Leipzig 1782. 8.

17) Opuscules physiques et chymiques, par M. *Lavoisier*. T. I. II. à Paris 1774. 8.

Herrn Lavoisier physikalisch-chemische Schriften. a. d. Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. B. I. Greifswalde 1783. 8. B. II. 1785. 8. — aus dem Französischen gesammelt und übers. mit Anmerk. von ebendemselben. B. III. Greifswalde 1785. 8. von H. F. Link. B. IV. Greifswalde 1792. B. V. 1793. 8.

18) Joh. Ingenhouß vermischte Schriften, physisch-medicinischen Inhalts; übersetzt und herausgegeben von Nikl. Karl Molitor. Wien 1782. 8. Neue, sehr vermehrte Auflage. B. I. II. Wien 1784. 8.

19) Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte, von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften. B. I. Leipzig 1779. 8. B. II. 1782. B. III. 1787. B. IV. 1791. 8.

20) Opus-

20) Opuscoli fisico-chimici del Cavaliere *Marsilio Landriani.* Milano 1781. 8.

21) Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen, von G. G. Schmidt. B. I. Gießen 1793. 8.

22) Beyträge zur Physik und Chemie; von *H. F. Link.* Rostock und Leipzig. St. I. 1795. St. II. 1796. 8.

4) Magazine und Journale.

1) Hamburgisches Magazin, oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturforschung und den angenehmen Wissenschaften überhaupt. B. I — XXVI. Hamburg 1747 — 1763. 8.

Neues Hamburgisches Magazin. Hamburg 1767 u. f. 8.

2) Observations sur la Physique, sur l'Histoire naturelle et sur les Arts, par M. l'Abbé *Rozier*, M *Mongez* et *de la Metherie.* T. I. à Paris 1773. — T. XLIII. 179 . 4.

3) Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire naturelle, par *Jean Claude Lamétherie.* T. I. à Paris. An. 2e. 4.

4) Bibliotheca fisica di Europa, di *L. Brugnatelli.* Pavia. T. I — XX. 8.

5) Giornale fisico-medico — di *L. Brugnatelli.* à Pavia. T. I. 1794. 8. (wird fortges.).

6) Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, herausgegeben von Lichtenberg. B. I — III. Gotha 1781 — 86. Fortgesetzt von Voigt. B. IV. 1786. — B. X. 1796. 8. (wird fortgesetzt).

7) Lor. Crell chemisches Journal. Th. I. Lemgo 1778. — Th. VI. 1781. 8.

8) Ebendesselben neueste Entdeckungen in der Chemie. Th. I. Leipzig 1781. — Th. XII. 1784. 8.

9) Ebendesselben chemische Annalen. Helmst. und Leipzig 1784. 8. (Wird fortgesetzt, und es erscheinen jährlich zwey Bände.)

10) Ebendesselben Beyträge zu den chemischen Annalen. B. I. Helmst. und Leipzig 1786. 8. — B. V. 1792. (wird fortges.).

11) Annales de Chymie, ou Recueil de Mémoires concernant la Chimie et les Arts, par M. *de Morveau*, *Lavoisier*, *Monge*, *Berthollet*, *de Fourcroy*, *le Baron de Dieterich*, *Hassen-*

Hassenfratz et *Adet*. Tome I. à Paris 1789. — T. XVIII. 1793. 8.

12) Journal der Physik, herausgegeben von D. *Fr. Albr. Carl Gren*. B. I. Halle u. Leipz. 1790. — B. VIII. 1794. 8.

13) Neues Journal der Physik, herausgegeben von D. F. A. C. Gren. Leipzig. B. I. 1795. — B. III. 1796. (w. f.).

§. 28. Ich theile die Naturlehre in die **allgemeine** (Physica generalis), und in die **besondere** (Physica specialis) ein. Jene beschäftigt sich theils mit dem, was dem Begriffe der Materie nach Principien a priori zum Grunde liegt, theils mit Phänomenen, die von allgemeinen Grundkräften abhängen. Diese hingegen untersucht die Natur einzelner Stoffe, und erklärt die Veränderungen, die sie hervorbringen oder erleiden.

Erster Theil.
Allgemeine Naturlehre.

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Metaphysische Naturlehre.

§. 29.

Der gesammten Naturlehre liegt der Begriff der Materie zum Grunde. Diese ist zwar nur ein Gegenstand der Empfindung in der äußern Anschauung; oder das eigentlich Empirische der sinnlichen und äußern Anschauung, welches gar nicht a priori gegeben werden kann; in so fern indessen die Naturlehre zur vollständigen Zergliederung des Begriffes von Materie sich keiner besondern Erfahrungen, sondern nur dessen, was sie im abgesonderten, obgleich an sich empirischen, Begriffe selbst antrifft, nach Principien a priori, oder in Beziehungen auf die reinen Anschauungen im Raume und in der Zeit, bedient, heißt sie **metaphysische Naturlehre**, die mit Recht den übrigen Theilen der Naturlehre voran gehen muß.

Materie. Grundkräfte derselben.

§. 30. Wir können uns nichts Körperliches anders denken, als daß es **ausgedehnt** ist, oder daß es in einem **Raume** enthalten ist, den man nach dreyerley auf einander senkrecht stehenden Richtungen abmessen, oder, worin man Länge, Breite und Höhe unterscheiden kann.

§. 31. Die Ausdehnung eines jeden Körpers nach der Richtung der Länge, Breite und Höhe ist durch Flächen begränzt, deren Lage und Stellung einander die Figur des Körpers bestimmt. Jeder Körper hat also eine Figur.

§. 32. Das, was den Raum des Körpers erfüllt, heißt Materie. Einen Raum erfüllen heißt aber, dem Beweglichen widerstehen, das durch seine Bewegung in diesen Raum einzudringen strebt. Dies Phänomen der Materie nennt man **Undurchdringlichkeit**.

§. 33. Die Vorstellung des Raumes kann zwar nicht von der Vorstellung des Körpers getrennt werden, daraus folgt aber nicht, daß der Raum eine Eigenschaft der Materie an sich sey; Raum ist vielmehr die Form der äußern sinnlichen Anschauung, oder die Regel, unter welcher die Sinnlichkeit von äußern Objecten afficirt wird.

§. 34. Materie ist das **Bewegliche** im Raume, und in so fern die Vorstellung des Raumes von der Vorstellung des Körperlichen unzertrennlich ist, kann man die Materie den **beweglichen** oder **empirischen Raum** nennen. Der Raum, in welchem alle Bewegung zuletzt gedacht werden muß, (der mithin selbst schlechterdings unbeweglich ist,) heißt der **reine**, oder **absolute Raum**, im Gegensatz des vorigen, den man auch den **relativen Raum** nennt. Der absolute Raum ist an sich nichts, sondern ist eine bloße Idee, die selbst kein Object hat. Ein nicht mit Materie erfüll-

ter

ter Raum, oder ein **leerer Raum** (Vacuum), hat als solcher nur subjective Gründe, und kann nicht als für sich gegeben oder als ein wirkliches Ding angesehen werden.

„In aller Erfahrung muß etwas empfunden werden, und das ist das Reale der sinnlichen Anschauung; folglich muß auch der Raum, in welchem wir über die Bewegungen Erfahrungen anstellen sollen, empfindbar, d. i. durch das, was empfunden werden kann, bezeichnet seyn, und dieser, als der Inbegriff aller Gegenstände der Erfahrung, und selbst ein Object derselben, heißt der empirische Raum. Dieser aber, als materiell, ist selbst beweglich. Ein beweglicher Raum aber, wenn seine Bewegung wahrgenommen werden soll, setzt wiederum einen andern erweiterten materiellen Raum voraus, in welchem er beweglich ist, dieser eben sowohl einen andern, und so forthin ins Unendliche." (Kants metaphys. Anf. der Naturw. S. 2. f.). Durch den Begriff von einem absoluten oder reinen, und unbeweglichen Raume erhält indessen der Erfahrungsgebrauch des Verstandes in der Beziehung eines beweglichen Raumes auf einen andern weitern beweglichen Raum Einheit.

§. 35. Die Erfahrung lehrt, daß wir, wenn wir den Raum irgend eines Körpers verengen wollen, Widerstand finden, so groß oder klein er auch seyn mag. Was aber Widerstand leistet, oder was Bewegungen hemmt, muß selbst eine bewegende Kraft seyn (§. 3.). Also erfüllt die Materie ihren Raum nicht durch ihre bloße Existenz, sondern durch eine besondere bewegende Kraft.

§. 36. Eine Kraft, die dem Eindringen einer andern oder der Annäherung widersteht, heißt eine **zurückstoßende**, oder **expansive Kraft** (Vis repulsiva, expansiva). Die Materie erfüllt also ihre Räume durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile, d. i. durch eine ihr eigene Ausdehnungskraft, die einen bestimmten Grad hat, über den kleinere oder größere Grade ins Unendliche gedacht werden können.

§. 37.

§. 37. Weil für gegebene ausdehnende Kraft der Materie eine größere zusammendrückende angenommen werden kann, die jene in einen engern Raum zwingt, und so ins Unendliche, so folgt, daß die Materie ins Unendliche zusammengedrückt werden kann. Sie würde durchdrungen werden, wenn durch ihre Zusammendrückung der Raum ihrer Ausdehnung völlig aufgehoben würde. Dazu würde eine unendlich zusammendrückende Kraft erfordert werden, welche unmöglich ist; also kann eine Materie von einer andern niemals in diesem Sinne durchdrungen werden.

Diese Durchdringung der Materie vermittelst äußerer zusammendrückender Kräfte könnte die mechanische heißen, im Gegensatz der chemischen, vermittelst der Anziehung, von der unten gehandelt werden wird.

§. 38. Die Undurchdringlichkeit der Materie (§. 32.) beruhet also auf einem physischen Grunde, nämlich auf dem Widerstande, der mit den Graden der Zusammendrückung proportionirlich wächst; denn die ausdehnende Kraft macht die Materie selbst, als ein Ausgedehntes, das seinen Raum erfüllt, erst möglich. Da aber diese Kraft einen Grad hat, der überwältigt werden kann, doch so, daß die gänzliche Durchdringung unmöglich ist (§. 37.), so folgt, daß die Undurchdringlichkeit der Materie nur relativ, nicht absolut ist.

Bey der Voraussetzung der absoluten Undurchdringlichkeit nimmt man an, daß die Materie als Materie schlechterdings und mit absoluter Nothwendigkeit dem Eindringen widersteht, und daß sie keiner Zusammendrückung fähig ist, als in so fern sie leere Räume enthält.

§. 39.

§. 39. Die Möglichkeit der Materie erfordert außer der Expansivkraft eine **Anziehungskraft** (Vis attractiva), die der Ausdehnungskraft entgegenwirkt, als die zweyte wesentliche Grundkraft derselben. Die Expansivkraft, als wesentliche bewegende Kraft, kann nämlich nicht durch sich selbst eingeschränkt werden, auch kann die damit begabte Materie nicht durch den Raum allein auf eine gewisse Gränze der Ausdehnung gesetzt werden; also würde die Materie durch bloße repulsive Kräfte sich ins Unendliche zerstreuen, und der Grad einer in alle Räume sich verbreitenden Expansivkraft unendlich klein, d. i. gleich Null seyn; es würde also nirgendwo ein endliches Quantum Materie da seyn, oder jeder angegebene Raum würde vollkommen leer seyn. Also erfordert die reale Möglichkeit der Materie noch eine ursprüngliche innere Anziehungskraft, wodurch die Verbreitung eines jeden bestimmten Quantum Materie auf einen bestimmten Raum begränzt wird.

§. 40. Durch bloße Anziehungskraft, ohne Expansivkraft, ist keine Materie möglich. Denn, wenn eine Materie durch bloße Anziehungskraft existirte, so würde der Raum ihrer Verbreitung ins Unendliche verringert werden, oder ihre Theile würden in einen mathematischen Punct zusammenfließen, und der Raum würde leer, folglich ohne Materie seyn.

§. 41. Die Materie erfüllt ihren Raum nur dann mit Beharrlichkeit, wenn die Expansivkraft und die Anziehungskraft ihrer Theile sich einander das Gleichgewicht halten.

§. 42.

§. 42. Der Raum, den die Materie erfüllt, muß als eine stetige Größe (Continuum) angesehen werden. Er ist ins Unendliche mathematisch theilbar, d. h. keiner seiner Theile kann der kleinste genannt werden, oder er besteht, so klein er auch ist, immer wieder aus Räumen, wie sich erweisen läßt.

Man ziehe (Fig. 1.) die Parallellinien AB und CD; auf beyde errichte man eg und fh senkrecht, und beschreibe so das Parallelogramm efgh. Wird nun aus g die Linie gf gezogen, so wird das Parallelogramm dadurch in die beyden Dreyecke gef und ghf getheilt. Wenn aus eben diesem Puncte g die Linien gk, gl, gm gezogen werden, so wird das Dreyeck ghf dadurch immer in kleinere Theile getheilt. Da es nun ausgemacht ist, daß sich die Linie AB ohne Ende verlängern läßt, und da man ferner aus dem Puncte g gegen alle Puncte der unendlich verlängerten Linie AB eine Linie ziehen kann, ohne daß sie endlich mit CD zusammenfiele, weil diese sonst mit AB nicht parallel wäre, welches der Voraussetzung zuwider ist; so folgt, daß das Dreyeck ghf dadurch in unendlich viele Theile getheilt, und daß diese Theilung ohne Ende fortgesetzt werden könne.

Oder (Fig. 2.) man ziehe gegen AB die Linie IC senkrecht, und beschreibe nun mit dem Halbmesser DC den Bogen CK, und mit dem Halbmesser FC den Bogen CL. Der Augenschein lehrt es, daß der Bogen LC der geraden Linie AB näher komme, als der Bogen CK. Der mit dem Halbmesser GC beschriebene Bogen CM kommt ihr noch näher, und der mit dem Halbmesser CH beschriebene noch mehr, und so immer fort, je größer der Radius ist, mit welchem der Bogen beschrieben wird. Der Raum KCB wird dadurch immer mehr getheilt. Weil sich nun die Linie CI nach I zu ohne Ende verlängert annehmen läßt, so lassen sich auch mit dem ohne Ende wachsenden Radius CI durch den Punct C unendlich viele immer größer werdende Bogen ziehen, die der Linie AB immer näher kommen, ohne daß endlich ein solcher Bogen mit AB zusammenfallen könne, indem er sonst nicht von seiner Tangente, und die krumme Linie nicht von der geraden unterschieden wäre. Der zwischen KCB befindliche Raum wird solchergestalt ohne Ende getheilt werden können.

§. 43. Aber auch die Materie erfüllt ihren Raum als stetige Größe, und ist ins Unendliche theilbar, und zwar in Theile, deren jeder wiederum Materie ist. In einem mit Materie erfüllten Raume enthält nämlich

nämlich jeder Theil desselben repulsive Kraft, allen übrigen nach allen Seiten entgegenzuwirken; folglich ist auch jeder Theil eines durch Materie erfüllten Raumes für sich selbst beweglich, und also trennbar von den übrigen durch Theilung. So weit sich also die mathematische Theilung des Raumes, den die Materie erfüllt, erstreckt, so weit erstreckt sich auch die mögliche physische Theilung der Substanz, die ihn erfüllt, das ist, ins Unendliche.

§. 44. In der Wirklichkeit findet die Theilung der Materie freylich ihre Gränzen; hier ist aber von der möglichen Theilung derselben die Rede, die keine Gränzen hat. Sonst kann die wirkliche Theilung doch bis zum Erstaunen weit getrieben werden, und die Kunst vermag Theilungen vorzunehmen, die nach den Begriffen minder Unterrichteter unglaublich scheinen können.

Beyspiele solcher bewundernswürdig großen Theilungen der Materie geben:

1) Die Materie des Lichts. Durch ein kleines Loch in einem Kartenblatt, dicht vors Auge gehalten, übersehen wir eine beträchtliche Menge irdischer Gegenstände. Die Folge aber wird lehren, daß von jedem sichtbaren Puncte Lichtkegel ins Auge kommen, deren Grundfläche das Loch ist, durch welches wir sehen, und deren Spitze sich am sichtbaren Puncte findet. Diese Lichtkegel müssen unzählbar seyn, weil wir eine unzählbare Menge sichtbarer Puncte wahrnehmen können; und diese Lichtkegel müssen bey ihrem Durchgange sich auch nicht unter einander verwirren und aufhalten.

2) Riechende Ausflüsse. Eine Cubiklinie Lavendelöhl kann die Luft eines Zimmers mit seinem ganzen Geruch ausfüllen, wenn es durch Erwärmung zur Verdünstung gebracht wird. Wenn dies Zimmer 22 Fuß lang, 18 Fuß breit und 10 Fuß hoch wäre, und nun angenommen würde, daß in jeder Cubiklinie Luft dieses Zimmers nur vier riechbare Theilchen des Lavendelöhls wären, so wäre dadurch eine Theilung der Cubiklinie des Oehls in 47297,98560 Theilchen bewirkt.

S. Sigaud de la Fond a. a. O. §. 35. Von andern Berechnungen der außerordentlich großen Theilung der Materie bey riechenden Ausflüssen s. *Rob. Boyle de mira effluviorum subtilitate* c. 2.

3) Die Dehnbarkeit des Goldes. Ein Gran Gold kann von geschickten Goldschlägern nach Reaumur zu 36½ Quadratzoll (paris. M.) und darüber ausgedehnt werden. Rechnen wir für jeden Zoll Länge 200 mit den Augen erkennbare Theile, so wird jeder Quadratzoll 200 . 200 = 40000 Quadrate bekommen, deren jedes $\frac{1}{200}$ eines Zolles zur Seite hat, und mit den Augen zu unterscheiden ist. Nun haben wir aber 36½ Quadratzoll, folglich 1,460000 dergleichen Quadrate. Das Blatgold aber ist auf beyden Seiten sichtbar, und so erhalten wir 2,920000 mit den Augen erkennbare Theile an einem Grane Gold.

Noch weiter geht die Sichtbarmachung der Theile des Goldes bey der Vergoldung in der Verfertigung des Draths zu den goldenen Tressen. Nach Reaumur wird dazu eine cylindrische Stange Silber von 22 Zoll Länge und 15 Linien im Durchmesser mit einer Unze Gold vergoldet. Beym Durchziehen durch immer engere Drathzüge und bey dem Glätten wird dieselbe endlich zu einer Länge von 110 französischen Meilen und darüber ausgedehnt, wobey das Gold die ganze Oberfläche bedeckt. Die Unze Gold bildet also hier einen Cylinder von 110 × 2000 = 220000 Klaftern × 6 = 1,320000 Fuß × 12 = 15,840000 Zoll × 12 = 190,080000 Linien. Nimmt man an, daß in der Länge einer Linie 12 erkennbare Theile, und auf dem Drathe wenigstens 2 Flächen zu unterscheiden sind, so wären hierbey von einer Unze Gold 12 × 2 × 190,080000 = 4561,920000 Theile sichtbar gemacht worden, welches für einen Gran = $\frac{1}{480}$ Unze 9,295666 erkennbare Theile ausmacht.

Reaumur, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. de Paris*, 1713. S. 203. ff.

4) Die metallischen Niederschläge. Man löse 4 Gran Eisenvitriol in 2 Kannen Regenwasser auf, und tröpfele dazu von der geistigen Galläpfeltinctur, so wird nach dem Umrühren die Flüssigkeit durchaus eine schwarze Farbe annehmen. Die Kanne Wasser ist zu 36 Unzen gerechnet, und die Unze zu 480 Tropfen; wir haben also 2 × 36 × 480 = 34,560 Tropfen, die alle schwarz gefärbt sind, und den Eisenniederschlag enthalten. Das Eisen in 4 Gran Eisenvitriol beträgt kaum 1 Gran. Wenn wir nun in jedem Tropfen nur 40 erkennbare Theile annehmen, so wäre hierbey 1 Gran Eisen in 40 × 34560 = 1,382400 erkennbare Theile zerrissen worden.

5) Die Pigmente. Ein Gran Kupfer in Salmiakgeist aufgelöset, färbt 392 Cubikzoll (rheinl.) destillirtes oder Regenwasser schön blau, und leidet hierbey nach Muschenbroeks Berechnung eine Vertheilung in 392,508000 erkennbare Theile.

Die

Die Ausziehung von 1 Gran Cochenille mit etwas Lauge vom Gewächsalkali färbt die vorige Menge destillirtes Wasser roth; und erleidet eben so starke Vertheilung.

Muschenbroek introd. ad philos. natur. §. 72. n. 4. 5.

6) Das Gespinste der Spinnen, Seidenwürmer. S. *Rob. Boyle* a. a. O. und *Reaumur* a. a. O.

§. 45. Das **atomistische System**, welches man auch die **mechanische Naturphilosophie** im Gegensatz der **dynamischen**, die wir hier zum Grunde legen, nennen kann, nimmt die Undurchdringlichkeit der Materie als absolut an, und läßt die Materie durch ihre Existenz ihre Räume erfüllen, aber nicht als Continuum, sondern als Interruptum, mit **leeren Zwischenräumen**, (Vacuum disseminatum). Es behauptet daher auch eine Gränze der Theilbarkeit der Materie, und nennt die letzten, nicht weiter theilbaren, Theilchen, denen es freylich doch Ausdehnung und Figur zugestehen muß, **Atome**.

§. 46. Wir finden in der Erfahrung bey den verschiedenen Körpern unzählige Verschiedenheiten ihrer Wirksamkeit, und unendliche Mannichfaltigkeit ihrer Eigenschaften. Das atomistische System, das eine völlige Gleichartigkeit der primitiven Materie behauptet, ist genöthigt, die specifische Verschiedenheit der Materie, wovon uns die Erfahrung belehrt, aus der verschiedenen Größe, der verschiedenen Stellung und Figur der Atome und der leeren Räume zu erklären. Nach dem dynamischen System ist eine ursprüngliche Verschiedenheit des Verhältnisses und der Intensität der respectiven Grundkräfte, die das Wesen der Materie ausmachen (§. 39.), möglich, und es

läßt

läßt sich folglich in dieser Hinsicht eine wesentliche Ungleichartigkeit der Materie behaupten, und daraus die empirische specifische Verschiedenheit der körperlichen Dinge ableiten.

§. 47. Nach der atomistischen Erklärungsart in der Physik heißt ein Körper vollkomme oder absolut dicht, wenn er keine leere Zwischenräume hat, sondern seine Atome den Raum des Körpers als stetige Größe erfüllen. Die Wirklichkeit eines solchen Körpers muß aber zu Folge dieses Systems geläugnet werden, weil die Erfahrung uns keinen Körper zeigt, der nicht in einem gewissen Grade zusammengedrückt werden könnte. Nach jenem Begriff von Erfüllung des Raumes stellt man Vergleichungen an, und nennt eine Materie dichter als eine andere, die weniger Leeres in sich enthält, und dünner wenn sie mehr Leeres enthält, als eine andere; und es giebt also ein Maximum und Minimum der Dichtigkeit.

§. 48. Da nach dem dynamischen System die Materie stets als Continuum ihren Raum erfüllt, so kann es kein Maximum und Minimum der Dichtigkeit geben. Dichtigkeit heißt hier der Grad der Erfüllung eines bestimmten Raumes durch ursprüngliche Grundkräfte. Hiernach ist eine Materie dichter als eine andere, wenn der Grad ihrer Erfüllung oder die Intensität ihrer Grundkräfte größer, als der andern ist. Jede noch so dünne Materie kann gleichwohl völlig dicht heißen, und sie ist mit einer andern verglichen weniger dicht, wenn sie ihren Raum zwar ganz, aber nicht in gleichem Grade erfüllt.

Es versteht sich, daß hier von derjenigen Porosität der Körper, die von ihrer Configuration und ihrem Gefüge abhängig ist, auch wenn sie nicht sinnlich wahrgenommen werden kann, gar nicht die Rede ist.

§. 49. Die Menge der materiellen Theile, die in einem bestimmten Raume eines Körpers enthalten sind, nennt man die **Masse** desselben, und die Größe dieses Raums den **Inbegriff** oder den **Raumesinhalt** (Volumen) des Körpers. Er ist **dichter**, wenn er mehr Masse bey gleichem Raumesinhalt hat, als ein anderer.

§. 50. Nach dem atomistischen System hat ein Körper dann mehr Masse als ein anderer, wenn er bey gleichem Raumesinhalt mehr Atome und weniger leere Zwischenräume enthält, als ein anderer; nach dem dynamischen System ist die Masse eines bestimmten Volums desto größer, je größer der Grad der Erfüllung dieses Raumes (§. 48.) ist.

§. 51. Die Dichtigkeit der Materie ist demnach ein Verhältnißbegriff, und es läßt sich dieselbe nicht an sich bey Einem Körper, sondern es lassen sich nur die Verhältnisse der Dichtigkeit mehrerer Körper angeben. Man muß also die Dichtigkeit eines bestimmten Körpers zur Einheit nehmen, und damit die Dichtigkeit anderer Körper vergleichen, ob sie größer oder geringer ist, als die zur Einheit angenommene Dichtigkeit.

§. 52. Da die Dichtigkeit der Körper bestimmt wird aus dem Verhältnisse des Raumesinhalts zu der Masse des Körpers (§. 49.), so fließen hieraus fol-

gende Regeln zur Bestimmung der Dichtigkeiten der Körper:

1) **Körper von gleichem Volumen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten, wie ihre Massen.**

2) **Körper von gleichen Massen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten umgekehrt, wie ihre Volumina.**

3) **Die Dichtigkeiten der Körper überhaupt verhalten sich wie die Quotienten der Massen der Körper durch die Volumina.**

Es sind demnach die Dichtigkeiten im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten der Inbegriffe; die Volumina sind im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten der Dichtigkeiten; und die Massen im zusammengesetzten Verhältnisse der Dichtigkeiten und Volumina.

Es seyen nämlich die Volumina zweyer Körper V, v, ihre Massen M, m, und das Verhältniß ihrer Dichtigkeiten sey D, d; so ist nach 1), wenn $V = v$, $D : d = M : m$; und nach 2), wenn $M = m$, $D : d = v : V$. Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Masse der des ersten $= M$, und dessen Volum dem des zweyten $= v$ sey, und dessen Dichtigkeit sich zu denen der beyden erstern verhalte, wie $\delta : D$ und $\delta : d$, so ist:

für den ersten und dritten nach 2), $D : \delta = v : V$

für den dritten und zweyten nach 1), $\delta : d = M : m$

folglich für den ersten und zweyten, $D : d = Mv : mV = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$.

Es folgt also hieraus, daß $V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}$; und endlich, daß $M : m = DV : dv$ sey.

§. 53. Wenn aber nun diese Regeln ihre Anwendung in der Wirklichkeit finden sollen, so ist es nöthig, daß wir die Massen der Körper ermessen,

oder

oder die Quantitäten ihrer Materie angeben können. Da die Masse der Körper eine intensive Größe ist, so kann sie auch nur durch das Maaß der Wirksamkeit ihrer ursprünglichen Grundkräfte ermessen werden; und dazu fehlt es uns an einem Maaßstabe. Vergeblich behauptet man, daß das Gewicht dieser Maaßstab sey, weil man dabey ohne Beweis annimmt, daß alle specifisch verschiedene Materie gravitire, und zwar bey gleicher Erfüllung ihres Raumesinhalts gleich stark gravitire. — Die atomistische Naturlehre gesteht auch ein, daß es ihr unmöglich ist, durch Zählung der Atome eines Körpers seine Masse zu bestimmen.

In der Mechanik versteht man immer nur Gewichte, wenn von Massen die Rede ist.

Reine Bewegungslehre.

§. 54. Wir betrachten hier das Bewegliche, in so fern es als ein solches bewegende Kraft hat. Wir legen hierbey die Materie als bloß beweglich zum Grunde, ohne auf andere empirische Eigenschaften einer bestimmten Materie, die wir in der Wirklichkeit antreffen, Rücksicht zu nehmen, und lassen die bewegende Kraft nach willkührlichen Richtungen wirken. Wir abstrahiren also von den bewegenden Kräften der wirklichen Materien unserer Sinnenwelt, wodurch sie nach bestimmten Richtungen sollicitirt werden. Wir sind solchergestalt im Stande, die Gesetze der Bewegung in den einfachsten Fällen zu entwickeln, die uns in der Folge bey den Phänomenen der mit bestimm-

ten Kräften begabten Materien zur Erklärung und Anwendung dienen können.

§. 55. Jeder Körper in der Welt muß einen Raum irgendwo in derselben einnehmen. Denkt man sich von einem gewissen Körper den ganzen Weltraum in Gedanken weg, so ist der Theil dieses absoluten Raums (§. 34.), den er einnimmt, der **absolute Ort** des Körpers (Locus absolutus); sieht man aber dabey zugleich auf andere Körper, welche eine bestimmte Lage gegen ihn haben, so nennt man es den **relativen Ort**, oder seine **Lage**, (Locus relativus, Situs). Da aber der absolute Raum selbst keine Realität, sondern nur subjectiv ist; da ferner keine Ortsbestimmung darin möglich ist, so können wir auch nur den **relativen Ort** der Körper angeben.

§. 56. Die stetige Veränderung des Orts heißt **Bewegung** (Motus). Diese, ohne Beziehung auf andere Körper, oder die Veränderung des absoluten Orts (§. 55.), heißt **absolute Bewegung** (Motus absolutus); die Veränderung des relativen Orts, oder der Lage gegen andere Körper, heißt **relative Bewegung** (Motus relativus).

§. 57. Beybehaltung des Orts ist **Ruhe** eines Körpers (Quies), die man auch zwiefach, als **absolute** (Quies absoluta) und als **relative Ruhe** (Quies relativa) betrachtet. Beyde unterscheiden sich wie absolute und relative Bewegungen (§. 55.).

§. 58. Da aber bey der absoluten Bewegung (§. 56.) und bey der absoluten Ruhe (§. 57.) nur

der

der absolute Ort des Körpers in Betracht kommt; hierzu aber kein anderer Körper erfordert wird, als der, welcher den Ort erfüllt; im absoluten Raume aber keine Stelle, folglich keine Ortsveränderung oder keine Beharrung in dem Orte bestimmt werden kann: so kann auch schlechterdings keine absolute Bewegung und keine absolute Ruhe bestimmt werden. Wir können daher auch nur die relative Bewegung und Ruhe der Körper in der Natur bemerken.

§. 59. Die relative Bewegung eines Körpers ist in Rücksicht auf die Veränderung der Lage anderer Körper, entweder eine **eigene** (Motus proprius), oder eine **gemeinschaftliche** (Motus communis). Bey jener verändert ein einziger Körper gegen alle übrigen seine Lage; bey dieser bewegen sich ein oder mehrere andere Körper zugleich mit, verändern aber ihre Lage gegen jenen nicht, oder die bewegten Körper bleiben in relativer Ruhe (§. 57.) gegen einander. Man muß hierbey nicht absolute und gemeinschaftliche Bewegung mit einander verwechseln.

§. 60. Da wir die Bewegung überhaupt nur aus der veränderten Lage der Körper gegen einander beurtheilen, mehrere Körper aber gegen einander in ihrer Lage beharren, oder in relativer Ruhe seyn, und doch eine gemeinschaftliche Bewegung haben können; so sieht man leicht ein, daß man die Bewegung nicht wahrnehmen kann, wenn wir bloß auf die Lage derjenigen Körper gegen einander Rücksicht nehmen, die eine gemeinschaftliche Bewegung haben. Aber bey Wahrnehmungen der veränderten Lagen der Körper

gegen

gegen einander muß auch bestimmt werden, welcher Körper in Ruhe geblieben und welcher wirklich bewegt worden ist. Dies erhellet nicht immer so geradezu, und es können daher ebenfalls wieder leicht Täuschungen entstehen.

Von der wirklichen (Motus realis) und scheinbaren Bewegung (Motus apparens).

§. 61. Die Materie, die als solche keine innern Bestimmungen und Bestimmungsgründe hat, sondern die bloß als beweglich, ohne alles Vermögen, sich selbst zu bestimmen, gedacht wird, wie wir hier thun, heißt träge (iners). Die **Trägheit** (Inertia) der Materie bedeutet also nichts anders, als das Unvermögen derselben, ihren Zustand von selbst zu ändern. Sie ist also etwas Negatives; und der Ausdruck: Trägheitkraft (Vis inertiae), ist daher ganz ohne Sinn.

§. 62. Die Trägheit der Materie ist also auch kein Hinderniß ihrer Beweglichkeit, und die Materie kann dadurch, daß sie träge ist, der bewegenden Kraft nicht Widerstand leisten, wenn sie aus Ruhe in Bewegung gesetzt werden soll. Der Satz: daß die Trägheit der Masse proportional sey, ist also ebenfalls ohne Sinn, und aus dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit abgeleitet, nach welchem man sie mit dem Widerstande der wirklichen, durch eine stetige Kraft sollicitirten, Materie verwechselt hat, wenn diese aus Ruhe in Bewegung nach einer andern Richtung, als die ihr schon beywohnende stetige bewegende Kraft hat, gesetzt werden soll.

Auf dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit beruhen auch die Einwürfe, die der sel. Gehler im Supplementbande seines physikalischen Wörterbuches gegen verschiedene meiner Sätze

Sätze gemacht hat. Dieser vortreffliche Gelehrte übersah, daß hier von einer in Abstracto genommenen Materie die Rede sey, die bloß als beweglich, und ohne daß die in der Wirklichkeit damit verbundene stetige Kraft der Schwere als auf sie wirkend gedacht wird. Eine schwere Kugel, die auf einer horizontalen Tafel ruhet, widersteht allerdings in horizontaler Richtung, aber nicht deswegen, weil sie träge ist, sondern weil sie schwer ist. Die Tafel trägt zwar ihr Gewicht, hebt ja aber ihre Schwere und den Druck nicht auf, den sie durch ihre Schwere verursacht. Sie widersteht, wenn wir hierbey auch von aller Friction, vom Widerstande der Luft, u. dergl. abstrahiren, vermöge der Kraft der Schwere, weil sie von der verticalen Richtung, in welcher die Schwere sie treibt, und in welcher sie auch ihren Druck ausübt, abgelenkt werden soll. Man bedenke doch nur, daß die Bewegung der schweren Kugel auf der horizontalen Tafel eine wirkliche Centralbewegung ist. Der Widerstand der schweren Kugel in jeder andern Richtung, als die Richtung der Schwere, hebt die andere bewegende Kraft proportionirlich auf, so wie hinwiederum durch diese die Schwere verhältnißmäßig aufgehoben wird; kurz, es sind hier nun zwey Kräfte wirksam, die einander entgegengesetzt sind; und, (was man in der That nicht beherzigt hat,) es würde die schwere Kugel bey ihrer Bewegung auf der horizontalen Tafel diese gar nicht mehr drücken, wenn sie darauf mit einer Geschwindigkeit bewegt würde, die der Endgeschwindigkeit ihres Falles durch den halben Halbmesser der Erde gleich wäre, weil alsdann, wie in der Folge gezeigt werden wird, ihre Fliehkraft der Schwere unter dem Aequator gleich wäre. — Den Widerstand, welchen die wirklichen Materien in der Welt vermöge einer wirkenden stetigen Kraft, die sie sollicitirt, leisten, kann man also nicht als Einwurf benutzen, um den Satz zu widerlegen, daß die Trägheit der Materie, im metaphysischen Sinne, keinen Widerstand derselben im Zustande der Ruhe begründe. So verfahren heißt, den Satz der Trägheit (Lex inertiae) durch den Satz der Gegenwirkung (Lex reactionis) umstoßen wollen.

§. 63. Die Materie, als bloßer Gegenstand äußerer Sinne, hat keine andern Bestimmungen, als die der äußern Verhältnisse im Raume, und erleidet also auch keine Veränderungen, als die ihr räumliches Verhältniß betreffen. In Ansehung dieser, als Wechsels der Ruhe mit der Bewegung, oder der Bewegung mit Ruhe, oder der einen Bewegung mit einer andern, muß eine Ursach Statt finden. Diese Ursach

aber

aber kann nicht innerlich seyn, denn die Materie hat keine schlechthin innern Bestimmungen. Folglich ist alle Veränderung einer Materie auf äußere Ursach gegründet.

§. 64. Hieraus folgt also das Gesetz der Trägheit: **Ein jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Ursach genöthigt wird, diesen Zustand zu verlassen.**

§. 65. Jeder Körper, welcher sich bewegt, muß nothwendig an einander gränzende Theile des Raumes durchgehen, da er nicht zugleich in allen Theilen des Raumes auf einmal seyn kann. Die länge dieses Raums, worin sich der Körper bewegt, heißt seine **Bahn**, oder sein **Weg**.

§. 66. Wenn sich bey einem Körper alle Theile durchaus auf einerley Weise bewegen, so braucht man auch nur die Bewegung eines einzigen Punctes zu betrachten; und jede Bewegung eines Körpers läßt sich also auch als Bewegung eines einzigen Punctes, folglich die Bahn des bewegten Körpers (§. 65.) als eine linie ansehen. Die gerade linie nach der Gegend, nach welcher ein bewegter Punct entweder seinen ganzen Weg hindurch, oder nur an einer einzelnen Stelle desselben, fortgeht, heißt die **Richtung** (Directio) seiner Bewegung.

§. 67. Da ein bloß träger beweglicher Körper, eben weil er träge ist, seinen Zustand nicht von selbst ändern kann, so muß auch bey seiner Bewegung die

Bahn,

Bahn, in der er vermöge seiner Trägheit beharrt, immer geradlinig seyn, und seine Richtung muß unverändert seyn. Die Aenderung der Richtung ist Aenderung des Zustandes der Bewegung, worein der Körper nicht von selbst kommen kann; und so oft sie erfolgt, muß eine Ursach wirksam seyn, die sie hervorbringt. Aendert sich nun durch irgend eine Kraft die Richtung des bewegten Körpers alle Augenblicke und an jeder Stelle des Weges, so ist die Bewegung **krummlinig** (Motus curvilineus), und die Richtung wird an jeder Stelle der krummlinigen Bahn durch die Tangente der krummen Linie an dieser Stelle bestimmt.

§. 68. Der Raum, durch welchen sich die Körper bewegen, heißt auch das **Mittel**, das **Mittelding** (Medium). Hier nehmen wir ein solches an, das der Bewegung kein Hinderniß entgegensetzt und keinen Widerstand zu leisten vermag. Er heißt alsdann ein **freyes** oder **leeres Mittel** (Medium vacuum, liberum); sonst aber ein **widerstandleistendes** (Medium resistens).

§. 69. Jede Bewegung setzt nicht allein einen Raum voraus, worin sie geschiehet (§. 65.), sondern auch eine **Zeit**. Wenn (**Fig.** 3.) die Puncte A und B aus einander liegen, und die Linie AB die Bahn eines Punctes vorstellt, so kann der Punct, der sich von A nach B bewegt, nicht in A und B zugleich seyn. Der Augenblick, da er in A ist, ist verschieden von dem, da er in B ist. Dies findet Statt, so klein auch die Entfernung des Punctes A von B ist.

Die

Die Dauer zwischen dem Uebergange des bewegten Punctes bey seiner stetigen Ortsveränderung aus einer Stelle seiner Bahn in die andere ist die Zeit. Auch die kleinste Bewegung erfordert Zeit.

§. 70. Die gleichen Räume nun, die bey einer gleichförmigen Bewegung eines Körpers beschrieben werden, dienen, die Dauer irgend einer andern Bewegung, oder die Zeit zu messen.

So bedienen wir uns im gemeinen Leben der Bewegung der Sonne, sowohl ihrer jährlichen, als ihrer täglichen, oder vielmehr der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Achse, zum Maaß der Zeit: und ein Jahr ist die Zeit, worin die Erde ihren Umlaufskreis um die Sonne beschreibt; ein Tag ist die Zeit, worin die Erdkugel eine ganze Umdrehung um ihre Achse vollendet. — Eine Stunde ist die Zeit, worin der Zeiger einer richtig gehenden Minutenuhr den ganzen Raum eines Kreises durchläuft; eine Minute ist die Zeit, worin eben dieser den 60sten Theil des Kreises beschreibt, u. s. w.

Bey den Astronomen heißt wahre Sonnenzeit (Tempus solare verum) die, welche vom wirklichen jährlichen Laufe der Sonne gemessen wird; mittlere Sonnenzeit (Tempus sol. medium, aequale) die, bey welcher eine mittlere oder erdichtete Sonne angenommen wird, die ihre Bewegung im Kreise gleichförmig vollendet, und zwar in eben der Zeit, in der die wahre Sonne ihren ungleichförmigen Weg zurücklegt. — Der Sterntag (tempus primi mobilis), der durch die immer gleichförmige Umdrehung der Erde um ihre Achse gemessen wird, gewährt uns ein beständiges, immer gleichförmiges, Zeitmaaß.

§. 71. Die Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der Bewegung eines Körpers giebt den Begriff von der **Geschwindigkeit** (Celeritas, Velocitas) desselben. Er ist ein relativer Begriff, und Geschwindigkeit läßt sich nur angeben, wenn man eine gewisse Zeit oder einen gewissen Raum, worin die Bewegung eines Körpers gleichförmig geschieht, zur Einheit annimmt, und damit eine andere Bewegung vergleicht.

Sie ist also der Raum, welchen ein Körper in einer zur Einheit angenommenen Zeit durchläuft, oder die Zeit, welche ein Körper braucht, um einen zur Einheit angenommenen Raum zu durchlaufen.

§. 72. Wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft, oder wenn seine Geschwindigkeit gleich bleibt, so nennt man seine Bewegung eine **gleichförmige Bewegung** (Motus aequabilis, uniformis). Ist aber die Geschwindigkeit des Körpers während der Bewegung nicht immer gleich, oder durchläuft er in gleichen Zeiten ungleiche Räume, so heißt die Bewegung eine **veränderte** oder **ungleichförmige** (Motus variatus, inaequabilis). Daben nehmen die in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume entweder ab, oder sie nehmen zu. Im erstern Falle heißt die veränderte Bewegung eine **verminderte** (Motus retardatus); im letztern eine **beschleunigte** (Motus acceleratus). Beyde können so seyn, daß die Geschwindigkeit in jedem gleich großen Zeittheile gleich stark oder ungleich stark wächst oder abnimmt, und daß also eine **gleichförmig beschleunigte** (Motus uniformiter acceleratus), oder **gleichförmig verminderte** (Motus uniformiter retardatus); oder daß eine **ungleichförmig beschleunigte** (Motus inaequabiliter acceleratus), oder **ungleichförmig verminderte** (Motus inaequabiliter retardatus) Statt findet.

§. 73. Aus der Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der gleichförmigen Bewegung der Körper fließen dann folgende Sätze:

1. **Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich wie die durchlaufenen Räume, wenn die Zeiten gleich sind.**
2. **Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich verkehrt wie die Zeiten, wenn die zurückgelegten Räume gleich sind.**
3. **Die Geschwindigkeiten zweyer Körper überhaupt verhalten sich wie die Producte der Räume in die verkehrt gesetzten Zeiten; oder wie die Quotienten der Räume durch die Zeiten.**

Es folgt hieraus weiter, daß die zurückgelegten Räume zweyer bewegten Körper im zusammengesetzten geraden Verhältnisse der Zeiten und Geschwindigkeiten sind; und daß endlich die Zeiten in einem Verhältnisse sind, das aus dem geraden der Räume und dem umgekehrten der ~~Zeiten~~ Geschwindigkeit besteht.

Wenn wir zweyer gleichförmig bewegten Körper Geschwindigkeiten C, c, ihre zurückgelegten Räume S, ſ, und die dazu verwandten Zeiten T, t, nennen, so ist
nach 1), wenn $T = t$, $C : c = S : ſ$,
nach 2), wenn $S = ſ$, $C : c = t : T$.
Nehmen wir nun noch einen dritten Körper an, dessen Geschwindigkeit K heißt, und dessen bey seiner Bewegung zurückgelegter Raum dem des ersten Körpers = S, und die dazu verwandte Zeit der des zweyten = t sey, so ist
für den ersten und dritten, (weil $S = S$), $C : K = t : T$,
und für den dritten und zweyten, (weil $t = t$), $K : c = S : ſ$,
folglich für den ersten und zweyten $C : c = St : ſT = \frac{S}{T} : \frac{ſ}{t}$.
Es folgt hieraus weiter, daß $S : ſ = CT : ct$ sey; ferner, daß $T : t = \frac{S}{C} : \frac{ſ}{c}$ sey.

§. 74. Jede veränderte Bewegung (§. 72.) setzt nach dem Gesetz der Trägheit eine Ursach der veränder-

änderten Geschwindigkeit voraus, die im Augenblicke der Veränderung wirksam ist. Da nun jede veränderte Bewegung für jeden untheilbaren Augenblick, oder jeden unendlich kleinen Zeittheil, als eine gleichförmige angesehen werden kann, so können auch für diesen Augenblick Räume, Zeiten und Geschwindigkeiten durch die Gesetze der gleichförmigen Bewegung ausgedrückt werden. Oder man kann sich jede ungleichförmige Bewegung so vorstellen, als wenn sie in unendlich kleinen Zeiten gleichförmig wäre, und in jedem unendlich kleinen Zeittheile ein unendlich kleiner Theil des Raumes mit der unveränderten Geschwindigkeit zurückgelegt würde, welche der bewegte Punct im Anfange dieses Zeittheilchens hatte. Wenn nun eine unveränderliche und stetige Kraft auf den Körper wirkt, und während seiner ganzen Bewegung zu wirken fortfährt, so muß er in eine **gleichförmig beschleunigte** Bewegung kommen (§. 72.). Die Geschwindigkeit, mit der er schon bey seiner Trägheit durch den ersten Impuls der Kraft fortgehen würde, muß durch die ununterbrochen fortdauernde Einwirkung der Kraft stetig zunehmen und wachsen, und die Zunahme dieser Geschwindigkeiten muß also in gleichen Zeiten gleich seyn. Hier wächst zwar nun in jedem noch so kleinen Zeittheilchen die Geschwindigkeit nach dem Gesetz der Stetigkeit, und die Geschwindigkeit ist in jedem folgenden Zeitpuncte schon größer, als im vorhergehenden; man kann aber annehmen, daß die Geschwindigkeit durch das ganze Zeittheilchen so groß bliebe, als sie im Anfang desselben war, und

daß

daß erst nach Endigung des Zeittheilchens der Zusatz der Geschwindigkeit urplötzlich hinzukäme, der eigentlich während des Zeittheilchens allmählig hinzukam. Diese am Ende des Zeittheilchens vom Anfang desselben an erlangte Geschwindigkeit kann man die **Endgeschwindigkeit** (Velocitas finalis) nennen.

§. 75. Die Endgeschwindigkeiten (§. 74.) müssen sich bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie die unendlich kleinen Zeittheile, oder, wie die Zeit vom Anfange der Bewegung an, verhalten, weil der bewegte Körper in einem jeden unendlich kleinen Zeittheile einen neuen Eindruck erhält, der sich mit den bereits empfangenen vereinigt.

Wenn wir die Endgeschwindigkeit v und das Zeittheil t nennen, so ist $v = t$, und $v : V = t \; T$

§. 76. Man kann daher diese erlangten Grade der Endgeschwindigkeiten durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, u. s. w. vorstellen; weil sie wie die Zeittheile selbst wachsen.

§. 77. Wenn der Körper mit der Geschwindigkeit, die er bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung in einem endlichen und bestimmten Zeittheile erlangt hat, hernach gleichförmig fortginge, so würde diese Geschwindigkeit ihn in dem zweyten dem ersten ähnlichen Zeittheile durch einen doppelt so großen Raum führen, als die in einem und demselben Zeittheile erhaltene zunehmende Geschwindigkeit. Der Raum wird sich also bey dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten, wie die Zeit mit der Hälfte der Endgeschwindigkeit multiplicirt; und der gleichförmig beschleunigte Körper wird in einer gegebenen Zeit

nur

nur halb so weit gehen, als ihn in eben der Zeit seine darin erlangte Endgeschwindigkeit geführt haben würde.

Wenn der Raum s heißt, so wird $s = \frac{vt}{2}$, und $s : S = \frac{vt}{2} : \frac{VT}{2} = vt : VT$.

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Räume der Bewegung, wie die Geschwindigkeiten (§. 73.). Im gegenwärtigen Falle aber sind die Zeittheile gleich, folglich werden sich auch die Räume wie die Geschwindigkeiten verhalten. Weil aber nun eine gleichförmige Geschwindigkeit doppelt so groß ist, als eine zunehmende, wenn sie in einerley Augenblick erhalten werden, so wird auch der vermöge einer gleichförmigen Geschwindigkeit durchlaufene Raum doppelt so groß seyn, als der Raum, der in eben der Zeit durch die wachsende Geschwindigkeit zurückgelegt wird.

Diese Gesetze sucht man auch durch Hülfe eines rechtwinkligen Triangels anschaulich zu machen. Es zeige (Fig. 4.) in dem rechtwinkligen Triangel AB die Zeit, und BC die in dieser Zeit erlangte Endgeschwindigkeit an. Die Höhe BA sey in Theile getheilt, die wir als unendlich klein und einander gleich annehmen, AD, DE, EF, u. s. f. Da BA die endliche und bestimmte Zeit ausdrückt, so wird jeder in dieser Höhe BA genommene Theil die unendlich kleinen Augenblicke vorstellen. Wenn wir nun aus den Theilungspuncten D, E, F, u. s. f. die Ordinaten Dd, Ee, Ff, u. s. f. ziehen, so wird jede Ordinate die in jedem unendlich kleinen Augenblicke erhaltene Geschwindigkeit vorstellen; und so wie eine durch eine stetige Kraft zunehmende Geschwindigkeit gleichförmig wächst, so wächst auch jede Ordinate gleichförmig, nach eben der Progression, 0, 1, 2, 3, 4, u. s. f. Wenn Dd den im ersten Augenblicke AD erhaltenen Grad der Geschwindigkeit ausdrückt, so wird Ee den Grad der Geschwindigkeit ausdrücken, der im zweyten Augenblicke DE erhalten worden. Weil aber Dd : Ee = AD : AE = 1 : 2, u. s. f., so werden sich also diese Endgeschwindigkeiten wie die Zeittheile verhalten (§. 75.), und die Endgeschwindigkeiten Dd, Ee, Ff, u. s. f. durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, u. s. f. vorstellen lassen (§. 76.). Da der Raum dem Producte der Zeit in die Geschwindigkeit gleich ist (§. 73.), so kann der Flächeninhalt des Dreyecks ABC den Raum vorstellen, der in der Zeit AB mit der stetig wachsenden Geschwindigkeit, die am Ende der Zeit durch BC ausgedrückt wird, beschrieben worden ist. Wenn nun die Geschwindigkeit, die am Ende der endlichen Zeit AB durch die Grundlinie BC des Triangels ABC ausgedrückt wird, nicht weiter zunähme, sondern nun der Körper in der zweyten, der ersten AB ähnlichen, Zeit damit gleichförmig fortginge, so würde die Geschwindigkeit dieses zweyten Zeitraums durch die Ordinaten eines Recht-

ecks BCKL von eben der Grundfläche und Höhe, als der Triangel ABC ist, vorgestellt werden. Da aber dieser Triangel nur die Hälfte des Rechtecks von eben der Grundfläche und Höhe ist, so ist auch die in einem endlichen und bestimmten Zeitraume erlangte Geschwindigkeit, die sich gleichförmig bleibt, doppelt so groß, als eine in demselben Zeitraume erlangte zunehmende Geschwindigkeit.

§. 78. Es folgt hieraus ferner, daß die Räume, welche ein Körper bey dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung in verschiedenen gleich großen Zeittheilen hinter einander zurücklegt, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f. wachsen; oder er wird im zweyten Zeittheile 3mal, im dritten 5mal u. s. w. so vielen Raum zurücklegen, als im ersten Zeittheile.

Der im zweyten Zeittheile DE (Fig. 4.) zurückgelegte Raum = dem Trapezio DdEe ist 3mal so groß, als das Dreyeck ADd, und der im dritten Zeittheile EF beschriebene Raum des Trapezii EeFf ist 5mal so groß, als ADd, u. s. f.

Im ersten Zeittheile AD nämlich beschrieb der Körper durch die wachsende Geschwindigkeit den Raum = ADd; die am Ende dieses Zeittheils erhaltene Endgeschwindigkeit Dd würde den Körper in dem folgenden gleichgroßen Zeittheile DE durch einen noch einmal so großen Raum DdEx führen (§. 77.), oder der Körper würde bey seiner Trägheit gleichförmig fortgehen; aber die stetige Kraft wirkt während dieses zweyten Zeittheils auf ihn fort, und bringt ihm wiederum so viel neue Geschwindigkeit während dieses zweyten Zeittheils hinzu, als im ersten, so daß er auch noch außer dem Raume DdEx, den er bey seiner Trägheit allein durchlaufen würde, den Raum dxe durchlaufen muß. Er legt also in dem zweyten Zeittheile einen 3mal so großen Raum zurück, als im ersten. Am Ende des zweyten Zeittheils wird der Körper die Endgeschwindigkeit Ee haben, und bey seiner Trägheit darin beharren. Er würde im dritten Zeittheile den Raum EeFo zurücklegen, aber während dieses dritten Zeittheils wirkt die stetige Kraft auf ihn fort, und bringt ihm einen Zusatz von Geschwindigkeit bey, so daß er noch außerdem durch den Raum eof = ADd geht, und also im dritten Zeittheile einen Raum beschreibt, der durch das Trapezium EeFf = 5mal ADd ausgedrückt wird, u. s. f.

§. 79. Es verhalten sich diesemnach die Räume, welche vom Anfange der gleichförmig beschleunigten Be-

Bewegung an zurückgelegt werden, wie die Quadrate der Zeiten vom Anfang der Bewegung an, oder wie die Quadrate der erlangten Endgeschwindigkeiten (§. 75.).

Es ist also $s = v^2 = t^2$, und $S : s = V^2 : v^2 = T^2 : t^2$.

Wenn nämlich der Raum im ersten Zeittheile = 1 gesetzt wird, so wird er bey dieser beschleunigten Bewegung im zweyten Zeittheile allein = 3, im dritten Zeittheile allein = 5, u. s. f. seyn (§. 78.); folglich wird er in den zwey ersten Zeittheilen zusammen 1 + 3 = 4, in den drey ersten Zeittheilen zusammen 1 + 3 + 5 = 9 ausmachen. 4 und 9 sind aber die Quadratzahlen von 2 und 3, oder von den Zeiten vom Anfang der Bewegung an.

Wenn der nach dem ersten Zeittheile AD (Fig. 4.) beschriebene Raum = ADd = 1 ist, so wird der durch gleichförmig beschleunigte Bewegung nach zwey Zeittheilen AD + DE beschriebene Raum = AEe = 4mal ADd, und der nach drey Zeittheilen AD + DE + EF zurückgelegte Raum = AFf = 9mal ADd seyn, u. s. f. Oder es verhält sich das Dreyeck AEe zum Dreyeck ADd, wie $AE^2 : AD^2 = Ee^2 : Dd^2$.

§. 80. Die stetige Kraft, welche die beschleunigte Bewegung der Masse hervorbringt, heißt, in so fern sie auf alle Theile der Masse zusammen gleichförmig wirkt, die bewegende Kraft (Vis motrix); die beschleunigende Kraft (Vis acceleratrix) hingegen, in so fern sie auf jeden einzelnen Theil der Masse wirkt. Jene ist also das Product der beschleunigenden Kraft in die Quantität der Masse, die davon afficirt wird.

Wenn wir also die bewegende Kraft P, die beschleunigende Kraft f, und die Masse M nennen, so ist $P = f . M$, und $P : p = fM : fm$, und eben so ist auch $f = \frac{P}{M}$.

Ferner folgt hieraus, daß das Product der bewegenden Kraft in die Zeit gleich sey dem Producte der Masse in die Geschwindigkeit; oder $PT = MV$, und $PT : pt = MV : mv$; daß die bewegenden Kräfte durch die Quadrate der Zeiten multiplicirt sich verhalten wie die Massen durch die durchlaufenen Räume multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$; und daß die bewegenden Kräfte durch die Räume multiplicirt sich verhalten wie die Massen

multiplicirt durch die Quadrate der Geschwindigkeiten, oder $PS = MV^2$, und $PS : ps = MV^2 : mv^2$.

Eben so ist auch $ft = v$, $ft^2 = s$, und $fs = v^2$.

§. 81. Eine oder mehrere Kräfte, die nur nach einerley Richtung wirken, können den Körper auch nur nach der geraden Linie bewegen. Die Bewegung, wo ein Körper durch eine Kraft nur nach einerley Richtung getrieben wird, heißt eine **einfache Bewegung** (Motus simplex), und man sieht leicht ein, daß jede einfache Bewegung stets geradlinig seyn müsse.

§. 82. Kräfte, die auf verschiedene bewegliche Puncte wirken, heißen **gleiche Kräfte**, wenn sie ihnen gleiche Geschwindigkeit ertheilen.

Hier, wo nur von beweglichen Puncten die Rede ist, wird die Größe der Bewegung nur aus der Geschwindigkeit ermessen. Bey Körpern, die durch eine stetige Kraft zum Widerstande sollicitirt werden, muß die Masse allerdings mit zum Maaß der Größe der Bewegung genommen werden.

§. 83. **Zwey gleiche Kräfte (82.), die zu gleicher Zeit auf einen beweglichen Punct nach entgegengesetzten Richtungen wirken, heben sich einander auf, und verursachen keine Bewegung.**

Anwendung auf Segners hydraulische Maschine, die in der Folge weiter angezeigt werden wird. Bringt man je zwey Oeffnungen der vier Seitenarme dieser Maschine gegen einander über, so wird sie durch das ausströmende Wasser nicht bewegt.

§. 84. **Wenn zwey ungleiche Kräfte zu gleicher Zeit nach entgegengesetzter Richtung auf einen beweglichen Punct wirken, so erfolgt die Bewegung nach der Richtung der größern Kraft, und zwar mit der Differenz beyder Kräfte.** Hier ist die Bewegung ebenfalls nur einfach, denn sie erfolgt nur nach der Richtung einer einzigen Kraft.

Anwendung auf die vorige Maschine, an der die Oeffnungen von drey Seitenarmen nach einerley, die Oeffnung des vierten Armes nach der entgegengesetzten Richtung gestellt ist.

§. 85. Wenn die Richtung der bewegenden Kräfte einander nicht entgegengesetzt ist, so müssen sie einen Winkel einschließen. Da nun ein Körper, der von beyden zugleich getrieben wird, weder nach beyden zugleich gehen, noch ruhen kann; so muß er sich nach einer dritten Richtung bewegen. Man sieht leicht ein, daß dies die Diagonallinie des Parallelogramms seyn werde, von welchem beyde Richtungen einen Winkel einschließen, und daß er jene in eben der Zeit durchlaufen würde, welche er gebraucht hätte, wenn er durch jede einzelne Kraft die einzelnen Linien durchlaufen wäre, die den Winkel einschließen.

Gesetzt, ein beweglicher Punct werde durch eine Kraft AB (Fig. 5.) nach der Direction AB, und durch eine andere Kraft AC, die mit der vorigen einen Winkel einschließt, nach der Richtung AC zu gleicher Zeit sich zu bewegen getrieben, so kann er nicht nach AB und AC zu gleicher Zeit gehen. Er kann aber auch nicht ruhen; denn dies könnte er nur, wenn AB und AC sich einander directe entgegengesetzt und gleich wären. Es bleibt kein anderer Weg für ihn, als der mittlere übrig, und dies ist die Diagonallinie AD des Parallelogramms, das auf die Linien AB und AC aufgesetzt werden kann. Gesetzt, die beyden Kräfte wirkten nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander, so wird der bewegliche Punct erst nach B, und von da durch die Kraft AC = BD nach D geführt werden, und er wird also eben da seyn, wo er auf dem Wege durch die Diagonallinie angelangt seyn würde. Da hier die Bewegungen gleichförmig angenommen werden, so wird er, falls die Kräfte einzeln nach einander wirken, in der Hälfte der Zeit durch Ab $= \frac{1}{2}$ AB, und hernach durch bd = Ac $= \frac{1}{2}$ AC geführt werden, und in d, auf der Mitte der Diagonale AD, anlangen. Kurz, er wird am Ende jedes Zeittheilchens, wenn die Kräfte ihn einzeln führen, auf irgend einen Punct der Diagonale seyn, und also am Ende der ganzen Zeit die gerade Linie AD beschrieben haben.

§. 86. Die Bewegung des Körpers heißt in diesem Falle eine zusammengesetzte Bewegung (Mo-

tus compositus), und man versteht unter derselben überhaupt eine jede Bewegung eines Körpers, der von zwey oder mehrern Kräften zugleich getrieben wird, deren Richtungen nicht in einerley gerade linien fallen. Die beyden Kräfte, deren Richtungen einen Winkel einschließen, heißen die äußern Kräfte; die Bewegung durch die Diagonallinie sieht man als durch eine mittlere Kraft hervorgebracht an.

§. 87. Das Gesetz der zusammengesetzten Bewegung heißt diesemnach: **Wenn ein beweglicher Punct von zwey Kräften zugleich nach der Lage der Seiten eines Parallelogramms getrieben wird, so durchläuft er die Diagonallinie desselben in eben der Zeit, worin er die einzelnen Seiten durchlaufen wäre, welche die Richtungen der beyden Kräfte vorstellen.**

Bestätigung durch Versuche mit der Eberhardschen Diagonalmaschine; Anwendung auf ein an beyden Ufern eines Flusses gezogenes Schiff; Anwendung auf den Fall eines Körpers von dem Mastbaum eines Schiffes, das in vollem Segeln ist; u. dergl. Anwendung zur Widerlegung eines Einwurfs gegen die Umdrehung und Bewegung der Erde.

§. 88. Wenn die länge der beyden Seitenlinien AB, AC (Fig. 5.) die Größe der Kräfte, die zu gleicher Zeit auf den beweglichen Punct wirken, oder ihre Geschwindigkeit, und die Neigung derselben gegen einander ihre Richtung ausdrückt, so drückt die Diagonale AD des Parallelogramms, das auf diese linien errichtet ist, die Größe der Kraft oder die Geschwindigkeit aus, welche aus den sie zusammensetzenden Kräften und aus ihrer gleichzeitigen Wirkung entspringt.

§. 89.

§. 89. Da die Diagonale eines Parallelogramms nie so groß seyn kann, als die Summe seiner beyden Seiten, so muß auch die durch diese Zusammensetzung entstandene mittlere Kraft (§. 86.) oder Geschwindigkeit kleiner seyn, als die Kraft oder Geschwindigkeit, welche aus den beyden äußern Kräften entstanden wäre, wenn sie unmittelbar hinter einander gewirkt hätten. Der Raum, welchen der Körper bey dieser Art der zusammengesetzten Bewegung durchläuft, ist also nie so groß, als die Summe der beyden Räume der einzelnen Bewegung gewesen seyn würde.

§. 90. Der bey der zusammengesetzten Bewegung durchlaufene Raum ist desto größer, je kleiner der Winkel wird, welchen die Richtungen der einzelnen Kräfte einschließen, oder je mehr sie **conspiriren**; desto kleiner, je größer dieser Winkel wird, oder je mehr sie **divergiren**.

Je kleiner nämlich der Winkel CAB (Fig. 5.) der Seitenkräfte wird, desto weniger sind sich diese entgegengesetzt, und desto mehr wird also auch ihre Wirkung conspiriren; und je größer der Winkel wird, desto mehr werden die Seitenkräfte sich einander entgegengesetzt, desto größer wird der Verlust derselben seyn.

Wenn wir GF und GH (Fig. 6.) eben so groß nehmen, als vorher AB und AC (Fig. 5.), aber sie unter einem kleinern Winkel zusammen auf den beweglichen Punct wirken lassen, so wird die Diagonale GD größer werden, als vorher AD (Fig. 5.) war; und wenn eben diese Kräfte HG und HD = GF (Fig. 6.) unter einem größern Winkel zusammen auf den beweglichen Punct wirken, so wird die Diagonale HF, die er durchläuft, kleiner werden, als AD (Fig. 5.).

§. 91. Jede einfache Bewegung (§. 81.) läßt sich ansehen, als ob sie aus zwey Kräften zusammengesetzt wäre, deren Richtungen einen Winkel einschließen,

ßen, und von deren gemeinschaftlichen Wirkungen die durch die einfache Kraft hervorgebrachte Richtung die mittlere wäre, da es erlaubt ist, jede gerade linie als die Diagonale eines Parallelogramms sich vorzustellen. Es läßt sich also eine jede Kraft in zwey andere gleichwirkende zerlegen.

§. 92. Wenn ein beweglicher Punct durch drey oder mehrere Kräfte getrieben wird, die nach verschiedenen, nicht entgegengesetzten, Richtungen auf ihn wirken, so kann man den Weg finden, den er bey seiner Bewegung nimmt, wenn man erst zwey davon zusammensetzt, die daraus entstandene zusammengesetzte Bewegung als eine einfache betrachtet, und mit der dritten wieder zusammensetzt, u. s. w.

Gesetzt, ein beweglicher Punct wird (Fig. 7.) durch die Kräfte AB, AC, AD und AE zu gleicher Zeit sollicitirt, so kann man erst AB und AC zusammensetzen, und die gefundene mittlere Kraft Af als eine gleichwirkende einfache ansehen, diese wieder mit der aus AD und AE zusammengesetzten Ag zusammensetzen, und aus diesen beyden Kräften Af und Ag die Richtung und Größe der Kraft bestimmen, welche alle vorige einfache Kräfte zusammengenommen hervorbrachten, indem man die Diagonale AK des Parallelogramms AfgK zieht, wovon die beyden gefundenen Kräfte Af und Ag die Seitenlinien ausmachen.

§. 93. Ein beweglicher Punct bewegt sich gegen eine Fläche **gerade**, wenn seine Directionslinie auf der Fläche senkrecht steht; wenn hingegen diese mit der Fläche einen schiefen Winkel macht, so heißt man die Bewegung eine **schiefe**. Der Stoß an eine Kugel geht also **gerade** (directe), wenn die Directionslinie desselben verlängert durch den Mittelpunct der Kugel geht; in übrigen Fällen geht er **schief** (oblique).

§. 94.

§. 94. Die Kraft, welche in einer schiefen Direction auf eine Fläche wirkt, kann, wie eine jede einfache Kraft überhaupt (§. 91.), als eine aus zwey andern zusammengesetzte Kraft betrachtet werden, wovon eine auf der Fläche senkrecht steht, die andere aber mit der Fläche parallel fortläuft.

Wenn eine Kraft in der schiefen Direction CD (Fig. 8.) auf die Fläche AB wirkt, so wird sie nicht mit der Intensität darauf wirken, als wenn sie senkrecht auf AB stünde. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) besteht CD aus der Kraft CE und CA = ED. CE geht parallel mit AB, hat also darauf keine Wirkung, folglich wirkt nur die Kraft ED nach der Direction ED, und die Größe dieses wirkenden Theils verhält sich zur unverminderten Kraft, wie ED : CD. Je kleiner der Winkel CDA wird, welchen CD mit AB macht, desto kleiner wird die Größe der Wirkung von CD werden; denn desto kleiner wird ED, und umgekehrt.

§. 95. **Jede Wirkung der bewegenden Kraft geschiehet nur nach der Perpendikellinie, die von ihr auf die Fläche des Beweglichen gezogen werden kann, und bey einer schiefen Richtung wirkt nur ein Theil der Kraft.**

Anwendung hiervon auf das Billard, auf die Bewegung eines Schiffes, dem der Wind nicht ganz günstig ist, auf die Bewegung der Flügel einer Windmühle, die schief gegen den Wind stehen.

Es sey (Fig. 9.) eine Kugel AFG im Durchschnitt durch ihren Mittelpunct c vorgestellt. Sie erleide auf ihrer Peripherie in A einen Stoß nach der Direction AB, so daß AB auch die Größe und Geschwindigkeit der Kraft ausdrücke. Die Kugel wird sich keinesweges in dieser Richtung bewegen, indem AB schief auf der Fläche derselben steht, wie alle Linien, welche nicht nach dem Mittelpunct der Kugel zu gerichtet sind. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) können wir AB zerlegen in AM und AD; die letztere läuft nach der Richtung der Tangente von A, tAD, sie kann also die Kugel nicht in Bewegung setzen und nicht darauf wirken, welches nur von AM geschehen kann, die auf der Kugel senkrecht ist, weil sie nach o, dem Mittelpunct der Kugel, zu gerichtet ist. Die Bewegung der Kugel geschiehet also nach M, und immer nach einer Richtung, die auf dem Puncte des Eindrucks der Kraft

Kraft senkrecht ist. Die Kraft AB leidet bey dieser schiefen Richtung ebenfalls einen Verlust, d. h. ihre Wirkung ist nicht so groß, als bey der senkrechten, und die Größe, mit der sie wirkt, verhält sich zu ihrer unverminderten Größe wie AM : AB. Sie wirkt nur mit dem Theile der Kraft, der in ihrer Senkrechtheit enthalten ist.

§. 96. Nach den bisher betrachteten Arten der Bewegung, sowohl der einfachen, als der zusammengesetzten, muß der bewegte Punct einen Weg zurücklegen, der eine gerade Linie ist, und diese **geradlinige Bewegung** (Motus rectilineus) bey seiner Trägheit so lange behalten, bis eine andere Ursach ihn daraus versetzt. Wenn also ein Körper eine **krummlinige Bewegung** (Motus curvilineus) hat, so muß wenigstens noch eine Kraft wirksam seyn, die ihn von seiner geradlinigen Bahn ablenkt, und diese Kraft muß stets und in jedem Augenblicke wirksam seyn, sonst würde der Körper nach der Tangente seiner Bahn geradlinig fortgehen.

§. 97. Jede krummlinige Bewegung ist also eine zusammengesetzte Bewegung, und sie erfolgt, wenn ein nach geradliniger Bahn durch eine Kraft getriebenes Bewegliches durch eine andere stetige Kraft nach einem unveränderlichen Puncte abgelenkt wird, der außerhalb der Richtung seiner Bewegung liegt. Da die Richtungen beyder Kräfte einen Winkel einschließen, so kann man sich vorstellen, daß die Bewegung nach der Diagonallinie eines Parallelogramms erfolge; daß diese Diagonallinie aber unendlich klein sey, und daß dieserhalb das Bewegliche in jedem Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonallinie beschreiben müsse, indem die Kraft, die es nach einem

Puncte

Puncte treibt, stetig seyn soll, folglich es in allen Augenblicken von der geradlinigen Bahn ablenkt, die es sich selbst überlassen fortgehen würde.

Beyspiel an einer Schleuder.

Es befinde sich ein beweglicher Punct in A (Fig. 10.), und werde durch irgend eine Kraft in der Richtung Aa getrieben, so daß Aa auch die Geschwindigkeit, oder den Raum in der Zeiteinheit angiebt; zu gleicher Zeit werde A durch eine andere Kraft nach C zu sollicitirt, und diese Kraft sey so groß, daß sie A allein, in eben der Zeit, da er Aa zurücklegt, durch $A\alpha$ führen würde. Es ist aus dem Vorhergehenden klar, daß der Körper A hier die Diagonale AB des auf die Linien Aa und $A\alpha$ gesetzten Parallelogramms durchlaufen werde. Wenn er in B angelangt ist, und nun keine andere Kraft weiter auf ihn wirkte, so würde er in einer gleichförmigen Bewegung fortgehen, und in der Zeiteinheit Bb = AB zurücklegen; aber bey seiner Ankunft in B soll die Kraft, die ihn nach C zu sollicitirt, abermals wirksam werden, und ihn eben so stark nach C zu beschleunigen, als da er in A war, so wird er wieder in dieser zweyten Zeiteinheit die Diagonale BD des Parallelogramms beschreiben, das auf die Seitenlinien $B\beta$ und Bb aufgesetzt ist. In der dritten Zeiteinheit würde er sich selbst überlassen durch Dd = BD gleichförmig fortgehen; aber in D treibt ihn eine Kraft wieder nach C mit einer Größe $D\gamma = A\alpha$, und er durchläuft so in dieser dritten Zeit die Diagonale DE des Parallelogramms $Dd\gamma E$, u. s. f.

Der wahre Weg des Punctes A ist also ABDE und weil die Ablenkungen desselben von der geradlinigen Bahn nur in den Stellen A, B, D angenommen worden sind, so wird jener ein Theil des Umfanges von einem Vielecke seyn, wie man finden wird, wenn man sich die Mühe nimmt, den Weg ferner durch genaue Zeichnung aufzusuchen, wobey es sich zugleich ergiebt, daß die anfänglich wachsenden Diagonalen hernach wieder abnehmen, dann wieder wachsen, und zuletzt wieder abnehmen.

Wenn nun die Kraft $A\alpha$ nicht unterbrochen und bloß in A, B und D, sondern stetig wirkt, und also A in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen von der geraden Linie Aa ablenkt, so beschreibt er alle Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonale AB, oder er hat alle Augenblicke eine andere Richtung; folglich beschreibt er eine gegen C hohle krumme Linie.

§. 98. Am Ende jedes einzelnen Augenblicks befindet sich bey dieser krummlinigen Bewegung das Bewegliche in der Richtung der Tangente, die durch

den

den Punct gezogen werden kann, in welchem es am Ende dieses Augenblickes ist, und nach der Richtung dieser Tangente sucht es jeden Augenblick zu entfliehen.

Wenn der bewegliche Punct A (Fig. 10.) durch eine Kraft nach der Richtung Aa getrieben, und durch eine andere Kraft Aα von dieser Richtung stetig abgelenkt wird, so wird AB eine krumme Linie, wie in Fig. 11. Ab es ist, die durch die stetige Wirkung der Kraft Aa auf den Körper, der nach AB sich zu bewegen getrieben wird, nach C zu hervorgebracht wird. Befindet sich nun der Körper in B, so sucht er in der Richtung der Tangente Bb, die auf den Punct B (Fig. 10.) gezogen werden kann, nach b zu entfliehen; eben so auch, wenn er in D angelangt ist, nach der Richtung der Tangente Dd, u. s. f.

§. 99. Die Kraft, welche das Bewegliche stetig von der Richtung der Tangente zu der durchlaufenen krummen Linie zurückbringt, heißt die **Centripetalkraft** (Vis centripeta); die Bewegung selbst heißt auch **Centralbewegung** (Motus centralis), und der Punct, nach welchem das Bewegliche stets abgelenkt oder gezogen wird, der **Mittelpunct der Kräfte** (Centrum virium).

§. 100. Weil die zusammengesetzte Bewegung eines Puncts durch den Bogen Ab (Fig. 11.) zerlegt werden kann in die Kraft, die den Körper in der Direction AB sollicitirt, welche die Tangente des krummen Elements Ab oder des Puncts A ist, und in die Kraft, die ihn nach der Richtung AC sollicitirt, welche auf dem Elemente Ab oder der Tangente AB perpendiculär ist; so nennt man jene Kraft die **Tangentialkraft** (Vis tangentialis), diese, die mit der Centripetalkraft einerley ist, die **Normalkraft** (Vis normalis). Die Tangentialkraft AB läßt sich, wie jede einfache Kraft, als zusammengesetzt annehmen, als ob sie aus bA und bB bestünde.

Der

Der Theil bB der Tangentialkraft AB, der in der Richtung des Radii BC ist, heißt die **Centrifugalkraft** (Vis centrifuga). Dieser Theil ist der Centripetalkraft Aa gleich und entgegengesetzt, und der übrige Theil Ab ist es, welcher macht, daß der Körper in der Bewegung beharrt. Die Wirkung der Centripetalkraft wird durch die Linie Bb ausgedrückt, durch welche der Körper von der Tangente AB weggezogen wird; und diese Linie Bb ist der Raum, welchen der Körper in der gegebenen Zeit, da er den Bogen Ab zurücklegt, durch die Wirkung der Centripetalkraft allein durchlaufen würde, und heißt das **Maaß der Centripetalkraft** (Mensura vis centripetae). Diese Centripetalkraft und Centrifugalkraft zusammen nennt man die **Centralkräfte** (Vires centrales).

§. 101. Es ist also eine doppelte Kraft nöthig, wenn ein Körper in einer krummen Linie bewegt werden soll, eine Normal- und eine Tangentialkraft, wovon jede, wenn die andere aufhörte, ihre ganze Wirkung verrichten würde. Wenn die Tangentialkraft plötzlich nachließe, so würde der Körper durch die Normalkraft nach dem Mittelpunct der Kräfte C (Fig. 11.) geführt werden; und wenn die Normalkraft auf einmal aufhörte, so würde der Körper in seiner Richtung nach der Tangente fortgehen.

* * *

Wegen der so wichtigen Anwendung, die man von der Lehre vom den Centralbewegungen und Centralkräften in der Physik machen kann, und ohne welche sich die Lehre von der Bewegung der Himmelskörper schlechterdings nicht gründlich vortragen und erlernen läßt, halte ich es für nöthig, hier etwas mehr davon beyzubringen. Man kann es nach Gefallen beym Vortrag überschlagen, oder weiter erläutern.

1) Die

1) Die bey den Centralbewegungen aus dem Mittelpuncte der Kräfte C (Fig. 10) in den beweglichen Punct auf der krummlinigen Bahn gezogenen Linien CA, CB, CD u. s. w. heißen die Radii vectores; der Raum ACB, BCD, u. s. w. zwischen zweyen Radii vectores AC und CB, CB und CD, u. s. w. und dem Bogen AB, BD, u. s. w., den sie einschließen, und den das Mobile in der gegebenen Zeit durchläuft, der Flächenraum (Area), welchen der bewegliche Punct mit dem Radius vector durchläuft. Diese bey einer Centralbewegung in der krummlinigen Bahn vom beweglichen Puncte mit seinen Radii vectores beschriebenen Flächenräume verhalten sich wie die Zeiten, in denen sie durchlaufen worden sind.

Wenn die Kraft Aα (Fig. 10.), die den Körper A von der geradlinigen Richtung seiner Tangentialkraft Aa ablenkt, stetig nach C wirkt, so wird die Bahn ABDE krummlinig. Nehmen wir nun zugleich AB, BD und DE unendlich klein, so sind es unendlich kleine Bogen, die wir wieder für gerade Linien halten können. Der Körper in A habe eine determinirte Geschwindigkeit, um in dem Zeitelemente durch Aa zu gehen, er werde aber in eben diesem Zeittheilchen gegen den Mittelpunct durch Aα gezogen; er wird dann die Diagonale AB des Parallelogramms AaBα in diesem Zeittheilchen beschreiben, und in B eine Geschwindigkeit haben, die ihn im folgenden Zeitelemente nach der geraden Linie durch Bb = AB führen würde. Die Centripetalkraft wirkt aber von neuem, und zieht ihn aus B in β durch Bβ, er durchläuft also eine neue Diagonale BD vom Parallelogramm BbDβ, u. s. w. Der Radius vector CA, CB, CD, CE beschreibt in der einfachen Zeit den Flächenraum ACB, in der doppelten Zeit den Flächenraum ACB + BCD. Es ist aber der Flächenraum BCD = ACB, denn die Dreyecke ACB und BCb haben gleiche Grundlinien AB = Bb, und das gemeinschaftliche Perpendikel CB zur Höhe; es ist also ACB = BCb. Da nun ferner die Dreyecke BCb und BCD zwischen einerley Parallelen BC und bD liegen, und eine gemeinschaftliche Grundlinie BC haben, so ist auch BCD = BCb, und folglich BCD = ACB. Es ist also der vom Radius vector in der einfachen Zeit beschriebene Flächenraum zu dem in der doppelten Zeit beschriebenen = ACB : ACB + BCD = ACB : 2ACB = 1 : 2.

2) Die Geschwindigkeit eines Körpers in jedem Puncte der krummen Bahn ist im umgekehrten Verhältnisse der Perpendikellinie aus dem Mittelpuncte der Kräfte auf die Tangente der krummen Linie an diesem Puncte gezogen.

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhält sich die Geschwindigkeit wie die Räume AB, BD, DE, u. s. w. (Fig. 10.), oder wie die Grundlinie der Dreyecke ACB, BCD, u. s. w; da nun diese Dreyecke gleichen Inhalts sind (1), so verhalten sich die Grundlinien umgekehrt wie die Höhen, oder wie die Perpendikel, aus dem Mittelpunct der Kräfte C auf sie gezogen; folglich verhält sich auch die Geschwindigkeit so.

Weil

Weil ferner die Grundlinien derselbigen Dreyecke sich verhalten wie die doppelten Flächenräume derselbigen durch jene Perpendikel getheilt, so verhalten sich auch die Geschwindigkeiten gerade wie die Flächenräume, die in gleichen Zeiten durchlaufen sind, und umgekehrt, wie jene Perpendikellinie: oder wenn die Geschwindigkeit c, der Flächenraum a, das Perpendikel p heißt, so ist $c = \frac{a}{p}$.

Wenn die Centralkraft stetig angenommen wird, so verwandelt sich ABDE (Fig. 10.) in eine gegen den Mittelpunct der Kräfte C hohle krumme Linie, und ABb wird die Tangente des Bogens BD in B. Nehmen wir nun die Zeit unendlich klein, so wird das Element des Bogens Ab (Fig. 11.) mit der geraden Linie AB selbst für einerley gehalten werden können. Der Flächenraum ACb wird den Zeiten der Bewegung proportional seyn (1), und so werden sich auch die Geschwindigkeiten in verschiedenen Puncten der krummen Linie umgekehrt, wie die Perpendikel aus dem Mittelpunct der Kräfte auf die Tangente, verhalten, oder sie werden sich verhalten directe, wie die in gleichen Zeiten durchlaufenen Flächenräume, und umgekehrt wie jene Perpendikellinie.

3) **Bey der Kreisbewegung ist die Geschwindigkeit in allen Puncten gleich, oder die Bewegung eines im Kreise bewegten, und durch eine nach dem Mittelpunct des Kreises strebende Centripetalkraft getriebenen Körpers, ist gleichförmig.**

Die vom Radius vector beschriebenen Flächenräume sind in gleichen Zeiten gleich groß (1). Dieser Satz gilt für alle Centralbewegungen. Bey der Bewegung im Kreise sind diese Flächenräume Sectoren des Kreises, denen, wenn sie gleich sind, gleiche Bogen des Kreises zugehören. Da bey dem Kreise die Perpendikellinie auf die Tangente aus dem Centro dem Halbmesser oder dem Radius vector gleich ist, die Radii aber in dem Kreise sich alle gleich sind, so wird auch die Geschwindigkeit allenthalben gleich, folglich die Bewegung gleichförmig seyn.

4) **Je mehr sich die krummlinige Bahn dem Kreise nähert, desto mehr kommt die Bewegung der Gleichförmigkeit nahe.**

5) **In allen krummlinigen Bahnen ist die Geschwindigkeit in denen dem Mittelpunct der Kräfte näher liegenden Stellen größer, als in den mehr davon entfernt liegenden Stellen.**

Dieser Satz folgt unmittelbar aus 2.

6) **Die Umlaufszeiten (Tempora periodica) bey der Centralbewegung sind die, welche die Körper brauchen, um die ganze Bahn, worin sie bewegt werden, zu vollenden. Sie sind in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem directen der Circumferenz, und den verkehrten der Geschwindigkeiten.**

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 73.) angeführten allgemeinen Satze der gleichförmigen Bewegung. Da die Umkreise

Umkreise K, k die Räume sind, welche die Körper zurücklegen, so werden auch hier die Umlaufszeiten T : t = $\frac{K}{C}:\frac{k}{c}$ seyn, wo C, c die Geschwindigkeit bedeuten.

7) Eben so folgt auch aus diesem Satze und (1), daß sich die ganze Umlaufszeit zu der Zeit, die zum Durchlaufen in einem Bogen verwendet wird, verhält, wie der Flächenraum der Bahn zum Flächenraum des Sectors, den der Bogen mit den radiis vectoribus auf ihn gezogen bildet.

8) Wenn um den Mittelpunct der Kräfte ein Kreis beschrieben wird, dessen Flächenraum dem der Bahn gleich ist, welche der Körper mit ungleichförmiger Bewegung beschreibt, und nun angenommen wird, daß der Körper in diesem Kreise mit einer Geschwindigkeit bewegt werde, die zwischen der grössesten und kleinsten Geschwindigkeit seiner wirklichen Bewegung die mittlere ist, so wird er diesen Kreis in eben der Zeit beschreiben, worin er seine wirkliche Bahn durchläuft.

Auch dieser Satz folgt aus (1).

9) Die Bewegung in jeder krummen Linie kann folglich auf die Bewegung im Kreise zurückgebracht werden, und die Radii dieses Kreises heißen die mittlern Distanzen (Distantiae mediae) des Körpers. Die Umlaufszeiten sind im geraden Verhältnisse der mittlern Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und im umgekehrten der Geschwindigkeiten.

Wenn wir die mittlern Distanzen D, d, und die Geschwindigkeiten V, v nennen, so sind also die Umlaufszeiten T : t = $\frac{D}{V}:\frac{d}{v}$. Denn da die Umlaufszeiten im geraden Verhältnisse der Umkreise sind (6), die Umkreise aber, wie aus der Geometrie bekannt ist, sich wie die Radii der Zirkel, oder wie die Distanzen vom Mittelpunct des Kreises verhalten, so werden sich auch die Umlaufszeiten wie diese verhalten müssen. Die Zeiten aber verhalten sich verkehrt wie die Geschwindigkeiten, wenn die Räume gleich sind.

10) Die Geschwindigkeiten stehen im geraden Verhältnisse der mittlern Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und im umgekehrten der Umlaufszeiten.

Es ist diesemnach V : v = $\frac{D}{T}:\frac{d}{t}$. Der Satz ist eine Folge des vorigen, verglichen mit §. 73.

11) Wenn zwischen der Centripetal- und Tangentialkraft einerley Verhältniß stets Statt findet, so wird der Körper, der durch diese Kräfte getrieben wird, in einem Kreise bewegt werden, dessen Mittelpunct mit dem Mittelpunct der Kräfte übereinkommt, und umgekehrt. In jedem andern Fall wird die Bahn vom Kreise verschieden seyn.

Wenn (Fig. 12.) der Körper A um das Centrum der Kräfte C getrieben wird, und zwar mit einer Geschwindigkeit,

digkeit, daß er in der Zeiteinheit, da er nach der Richtung der Tangentialkraft den Raum AB durchlaufen würde, durch die gemeinschaftliche Wirkung der Centripetalkraft den Bogen Ab beschreibt, so wird die Schwungkraft Bb auch das Maaß der Centripetalkraft seyn, falls wir den Bogen Ab unendlich klein nehmen. Er wird also in b wieder eben so weit von C abstehen. In der folgenden Zeiteinheit würde die Tangentialkraft allein ihn bis D geführt haben; er ist aber unterdessen wieder durch die Centripetalkraft durch Dd = Bb abgelenkt worden, und also eben so weit wieder vom Mittelpunct der Kräfte C entfernt. Da nun, wenn wir die Bogen Ab, bd unendlich klein nehmen, die Centrifugalkraft Bb und Dd auch das Maaß der Centripetalkraft ist, so wird diese auch immer mit der Schwungkraft im Gleichgewicht seyn, und es wird also der Körper in allen Puncten seiner Bahn gleich weit vom Mittelpunct der Kräfte entfernt bleiben, folglich im Kreise bewegt werden, dessen Mittelpunct auch der Mittelpunct der Kräfte ist.

12) Die Centralkraft eines Körpers bey der Bewegung im Kreise ist gleich dem Quadrate des in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogens durch die doppelte Distanz desselben vom Mittelpunct der Kräfte dividirt; oder sie ist gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit dividirt durch diese doppelte Distanz vom Mittelpunct der Kräfte.

Nennen wir die Centralkraft P, den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α, die Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte D, und die Geschwindigkeit V; so ist $P = \frac{\alpha^2}{2D}$, oder $P = \frac{V^2}{2D}$.

Es sey nämlich (Fig. 13.) Ab der in der Zeiteinheit durchlaufene Bogen, und er werde klein genug angenommen, so daß er für eine gerade Linie = AB angesehen werden könne, die seine Tangente ist; dann wird aber auch EB parallel seyn mit EA. Bb ist die Centrifugalkraft. Aus b ziehe man die Perpendikellinie ba auf AE, so wird Aa = Bb, und Bb also auch das Maaß der Centripetalkraft abgeben. Es ist aber EA : AB = AB : Bb; denn die Drenecke EAB und ABb sind einander ähnlich, weil der Winkel EAB = AbE, und daher auch AbB ein rechter Winkel, die beyde den gemeinschaftlichen Winkel ABb haben; es ist also der dritte Winkel AEB = BAb, und beyde Drenecke EAB und AbB sind ähnlich. Eben so sind auch die Drenecke EAb und Aba ähnlich; denn der Winkel EbA ist ein rechter, und gleich Aab, der Winkel EAb ist für beyde Drenecke gemeinschaftlich, daher ist der dritte Winkel AEb = Aba, und zwey gleichwinklige Drenecke sind ähnlich. Es verhält sich also auch EA : Ab = Ab : Aa; also $Aa = \frac{Ab^2}{EA}$. Aa drückt aber die Centripetalkraft = P, und Ab den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α aus,

aus; folglich ist $P = \frac{\alpha^2}{EA}$. EA ist der Durchmesser des Kreises = 2AC oder der doppelten Entfernung (D) des Beweglichen A vom Mittelpunct C; also ist $P = \frac{\alpha^2}{2D}$. Da AB = α den Raum ausdrückt, die Räume aber den Geschwindigkeiten proportional sind, wenn die Zeiten gleich sind; so kann für α auch die Geschwindigkeit V substituirt werden, und also wird auch $P = \frac{V^2}{2D}$ seyn.

Aus diesen Formeln folgt denn nun auch für die Kreisbewegung, daß $V = \sqrt{P(2D)}$, und daß $D = \frac{V^2}{2P}$.

13) Wenn zwey bewegliche Puncte in Kreisen von verschiedenen Durchmessern gleiche Umlaufezeiten haben, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte wie ihre Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus dem vorigen. Es werde ein Körper A (Fig. 14.) in einer Kreisbewegung um den Mittelpunct C geführt, und beschreibe den Kreis AGFE in eben der Zeit, da a den kleinern Kreis agfe zurücklegt. Es ist klar, daß A in D seyn wird, wenn a sich in d der Peripherie befindet. Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, daß der Theil BD und bd der auf die Tangenten AB und ab von C gezogenen Linie die Centripetalkraft ausdrückt. Da nun bekanntlich die Bogen AD und ad sich verhalten wie die Halbmesser CA und ca, diese aber die Distanzen des A und a vom Mittelpuncte der Kräfte oder des Kreises ausdrücken, so werden sich auch diese Bogen verhalten wie die Distanzen des A und a vom Mittelpuncte. Die Centralkräfte verhalten sich aber (12), wie die Quadrate der Bogen dividirt durch die doppelte Distanz vom Mittelpunct. Es verhält sich also $BD : bd = \frac{AD^2}{2AC} : \frac{ad^2}{2aC}$. Setzen wir nun den Halbmesser AC = 2, und den aC = 1, so sind auch die Bogen AD und ad wie 2 : 1, und wir erhalten folglich $BD : bd = \frac{2^2}{2+2} : \frac{1^2}{1+1} = \frac{4}{4} : \frac{1}{2} = 2 : 1$, folglich gleich den Distanzen des A und a von C.

14) Wenn zwey bewegliche Puncte in gleicher Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte mit ungleicher Geschwindigkeit bewegt werden, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

Dieser Satz fließt wiederum aus (12). Wenn (Fig. 15.) zwey Körper Q und q eine Kreisbewegung haben, dergestalt, daß in der Zeiteinheit Q den Bogen Ab, und q den Bogen Ad, beyde in gleicher Enfernung AC vom Mittelpunct ihrer Kräfte, beschreiben; so werden sich nach (12) ihre

ihre Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{Ab^2}{2AC} : \frac{Ad^2}{2AC} = Ab^2 : Ad^2$. Wenn sich nun die Bogen Ab : Ad verhalten wie 1 : 2, und die Distanz AC = 1 gesetzt wird, so ist die Centripetalkraft von Q zu der von q = $\frac{1^2}{1+1} : \frac{2^2}{1+1} = 1^2 : 2^2$. Da sich nun die Räume verhalten wie die Geschwindigkeiten, wenn die Zeiten gleich sind, so werden sich auch die Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{V^2}{2AC} : \frac{v^2}{2AC} = V^2 : v^2$, d. i., wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

15) Wenn zwey bewegliche Puncte in ungleich großen Kreisen mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden, folglich ungleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Mittelpuncte.

Gesetzt, der Körper A (Fig. 14.) laufe bey der Entfernung AC = 2 vom Mittelpuncte der Kräfte C in der Zeiteinheit durch den Bogen AD, während der Körper a bey der Entfernung aC = 1 vom Mittelpuncte der Kräfte den Bogen af = AD durchläuft, so wird nach (12) die Centripetalkraft des A zu der von a sich verhalten wie $\frac{AD^2}{2AC} : \frac{af^2}{2aC} = \frac{1}{4} : \frac{1}{2} = 1 : 2$, folglich verkehrt wie die Distanz von C.

Aus diesem Satze folgt dann auch

16) daß, wenn die Distanzen zweyer in einer Kreisbewegung befindlicher Puncte vom Mittelpuncte, so wie ihre Umlaufszeiten ungleich sind, ihre Centripetalkräfte sich verhalten wie ihre Entfernungen vom Mittelpuncte dividirt durch das Quadrat ihrer Umlaufszeit.

Wenn z. B. (Fig. 14.) A seine doppelt so große Bahn AGFE in der Zeit T = 2 vollendet, da a seinen Kreis aefg in der Zeit t = 1 vollendet, so wird die Centripetalkraft von A zu der von a seyn = $\frac{AC}{T^2} : \frac{aC}{t^2} = \frac{2}{2^2} : \frac{1}{1^2} = \frac{2}{4} : \frac{1}{1} = \frac{1}{2} : 1 = 1 : 2$; folglich, wie vorher (15.).

17) Wenn sich die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte, so sind die Centralkräfte verkehrt wie die Quadrate der Distanzen.

Wenn wir in der vorigen Formel statt T^2, t^2, hier nach der Voraussetzung die proportionalen Quantitäten AC^3, ac^3, substituiren, so erhalten wir für die Centralkräfte des A und a das Verhältniß von $\frac{AC}{AC^3} : \frac{aC}{aC_3} = \frac{1}{AC^2} : \frac{1}{aC^2} = aC^2 : AC^2$.

* * *

Die Bestimmung der Centripetalkräfte für andere Arten der Centralbewegung setzt nun freylich schon etwas mehr, als die gewöhnlichen Elementarkenntnisse der Geometrie voraus; indessen will ich doch hier einige Resultate dieser Bestimmungsarten geben, um dadurch eben die Nothwendigkeit eines tiefern Studiums der Mathematik in der Naturlehre zu zeigen.

18) Wenn ein beweglicher Punct durch Centralkräfte getrieben irgend eine krumme Linie ABC (Fig. 16.) beschreibt, so nimmt man Rücksicht auf den Bogen Br, der in dem Zeitelemente beschrieben worden ist, auf dessen Tangente TBH aus dem Mittelpuncte der Kräfte F das Perpendikel FT, das die Normallinie heißt, gefällt wird, und durch welchen Bogen man einen Kreis DBC gehend annimmt, der eben die Krümmung als dieser Bogen hat, und der Krümmungskreis (circulus osculator), so wie sein Halbmesser der Krümmungshalbmesser, genannt wird. Es läßt sich nun erweisen, daß, wenn ein beweglicher Punct irgend eine krumme Linie ABC beschreibt, die in B die Krümmung des Krümmungskreises DBC hat, und der Mittelpunct der Kräfte außerhalb des Mittelpunctes des Krümmungskreises liegt, die Centralkraft P in einem umgekehrten zusammengesetzten Verhältnisse des Quadrats der Normallinie und des einfachen der Sehne des Krümmungsbogens sey, die durch den Anfang dieses Bogens und den Mittelpunct der Kräfte geht; oder auch, daß die Centripetalkraft in jeder gegebenen krummen Linie sich verhalte wie der Radius vector dividirt durch den Würfel der Normallinie und den doppelten Krümmungshalbmesser.

Es sey (Fig. 16.) in B ein beweglicher Punct, der in dem Zeitelemente den unendlich kleinen Bogen Br durchlaufe, indem ihn die Centripetalkraft von der Tangente BH um das Raumtheilchen Hr = Bi ablenkt, das er, wenn die Centripetalkraft allein wirkte, in eben der Zeit mit beschleunigter Geschwindigkeit durchlaufen würde. Da Bi = P eine stetige Kraft ist, so steht sie im geraden Verhältnisse des Raums, und im umgekehrten des Quadrats der Zeit, folglich ist $P = \frac{Bi}{t^2}$. Die Zeit t wird aber vorgestellt durch den Flächenraum zwischen den beyden Radiis vectoribus FB und Fr, und dem Bogen Br, oder durch das Dreyeck BFr; da Br mit der Tangente einerley genommen wird, so ist die Höhe des Dreyecks auch FT und die Grundlinie Br. Man erhält den Flächenraum des Dreyecks, wenn man die Grundlinie mit der halben Höhe multiplicirt, oder $\frac{Br \times FT}{2}$. Substituiren wir dafür den doppelten Flächenraum, damit das Verhältniß einerley bleibt, so ist $t = Br \times FT$. Da sich nun P verhält wie $\frac{Bi}{t^2}$, so wird auch, weil $t = Br \times FT$ ist, $P = \frac{Bi}{Br^2 \times FT^2}$. Es verhält sich Bo : Br = Br : BE, und daher

daher ist auch $BE \times Bo = Br^2$; ferner ist $Bo : Bi = BS : BE$, und daher $Bo \times BE = Bi \times BS = Br^2$. Setzt man also in der vorigen Formel statt Br^2 diesen Werth, so erhält man für $P = \frac{Bi}{Bi \times BS \times FT^2} = \frac{1}{BS \times FT^2}$; oder die Centripetalkraft ist im umgekehrt zusammengesetzten Verhältnisse der Sehne des Krümmungsbogens und des Quadrats der Normallinie.

Da $FB : FT = BE : BS$, so ist auch $BS = \frac{BE \times FT}{FB}$, und daher auch $P = \frac{FB}{BE \times FT^3}$, oder gleich dem Radius vector FB dividirt durch $BE = 2BN$ oder den doppelten Krümmungshalbmesser und den Würfel der Normallinie FT.

19) Wenn die Centralbewegung einen Kegelschnitt beschreibt, so ist die Centralkraft im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom Brennpuncte, als dem Mittelpuncte der Kräfte.

Oder es ist (nach Fig. 16.) $P = \frac{1}{FB^2}$.

Es sey nämlich CBA ein Kegelschnitt, BK der Semiparameter, und BN der Krümmungshalbmesser, so ist dieser $= \frac{BM^3}{BK^2}$, folglich der Durchmesser des Krümmungskreises $BE = \frac{2BM^3}{BK^2}$. Wenn wir dies in der vorigen Formel (18.) für BE substituiren, so ist $P = \frac{FB \times BK^2}{2BM^3 \times FT^3}$. Ueber dies ist $BM : BK = FB : FT$; daher ist auch $FT^3 = \frac{BK^3 \times FB^3}{BM^3}$, folglich ist, wenn dies auf die vorige Formel angewendet wird, $P = \frac{FB \times BK^2 \times BM^3}{2BM^3 \times BK^3 \times FB^3} = \frac{1}{2BK \times FB^2}$, oder, wegen des unveränderlichen 2BK, $= \frac{1}{FB^2}$.

So läßt sich nun auch umgekehrt beweisen, daß, wenn ein Körper durch eine solche Kraft nach dem Mittelpuncte der Kräfte F getrieben wird, seine Bahn ein Kegelschnitt ist.

20) Wenn ein Körper in der Ellipse bewegt wird, und der Mittelpunct der Kräfte der eine Brennpunct der Ellipse ist, so steht die Centralkraft im geraden Verhältnisse der halben Zwergachse, und im umgekehrten zusammengesetzten des doppelten Quadrats der halben zugeordneten Achse und des Quadrats des Radius vector. Der Körper, der in der Ellipse (Fig. 17.) bewegt wird, hat die größeste Geschwindigkeit in der Apside A, die dem Mittelpuncte der Kräfte S näher ist; die kleinste in der entgegengesetzten B. Es wächst also die Geschwindigkeit durch die eine Hälfte der Ellipse, CAD, und nimmt ab durch die andere, DBC. Die Zeit, welche der

Körper braucht, um von der einen Apside A zur entgegengesetzten B zu kommen, ist die Hälfte der Umlaufszeit; die Zeit aber, welche der Körper braucht, um von einem Puncte seiner Bahn, z. B. von E, nach dem entgegengesetzten e zu kommen, ist kürzer, wenn die dem Mittelpuncte der Kräfte nähere Apside in dieser Bahn liegt; länger, wenn der Körper durch die obere Apside geht, z. B. wenn er den Theil der Bahn G bis g zurücklegt.

21) Wenn aus dem Brennpuncte der Ellipse, welcher der Mittelpunct der Kräfte ist, mit einem Halbmesser, welcher der halben großen Achse der Ellipse gleich ist, ein Kreis beschrieben wird, und der bewegliche Punct in diesem Kreise mit der Geschwindigkeit bewegt wird, die er an den Enden der kleinen Achse der elliptischen Bahn hat, so sind die Umlaufszeiten in diesem Kreise und der Ellipse gleich.

22) Wenn aus dem Brennpuncte der Ellipse, welcher der Mittelpunct der Kräfte ist, mit einem Halbmesser, welcher die mittlere Proportionalgröße zwischen beyden halben Achsen der Ellipse hat, ein Kreis beschrieben wird, dessen Flächenraum also dem der Ellipse gleich ist, und der Körper diesen Kreis in eben der Zeit zurücklegt, als die elliptische Bahn, so ist die mittlere Geschwindigkeit in der Ellipse der wirklichen Geschwindigkeit im Kreise gleich (8.)

Der Zweck verbietet, hier mehrere Resultate beyzubringen. Das Beygebrachte ist hinreichend, um davon in der Folge bey der Lehre von der Bewegung schwerer Körper in krummen Bahnen und der Himmelskörper so viel Anwendung zu machen, als es in einem Lehrbuche der Naturlehre erlaubt ist.

Für das weitere Studium dieser Lehre von der Centralbewegung und ihrer Anwendung sind zu empfehlen: *Christ. Hugenius* de vi centrifuga, in seinen *opuscul. posthum. T. II. Amstelod.* 1728 4. S. 107. ff.; *Newtons* oben angef. *Princip. philos. natur.*; *Jo Bernoulli* oper. *Lausannae* 1742. IV. Vol. 4.; *S' Gravesande* oben angef. *elementa physices* T. I.; *Io. Keilii* introductio ad veram Physicam et ad veram astronomiam, Lond. 1719. 8. *Ioh. Boscovich* de inaequalitatibus, quas Saturnus et Lupiter sibi mutuo videntur inducere, Romae. 1756. 8. *Leon. Euleri* Mechanica, Petropol. 1736. II. Vol. 4.; *Maclaurin* exposition des decouvertes de Newton à Paris 1756. 4.; *La Caille* Leçons d' astronomie, à Paris 1761. 8., und besonders Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik, oder der mathematischen Anfangsgründe IV. Th. 1. Abth.

§. 102. Wenn die Materie von einer stetig wirkenden bewegenden Kraft getrieben wird, so wird sie dadurch in jeder Richtung, die nicht mit der ursprüng-

lichen

lichen Richtung dieser Kraft zusammenfällt, widerstehen, und folglich die zu ihrer Bewegung angewandte Kraft vermindern.

§. 103. Wenn also eine Kraft in eine Materie nach einer Richtung wirkt, die nicht mit der Richtung der der Materie beywohnenden stetigen Kraft übereinkommt, so wird sie nothwendig eine Veränderung erleiden, die nach der Größe des Widerstandes in einer völligen Aufhebung ihrer Bewegung (nach §. 83.) oder in einer Verminderung ihrer Beschleunigung (nach §. 84.) bestehen wird. Hinwiederum muß aber auch die Beschleunigung der Kraft, welche der Materie inhärirt, durch die Anwendung der Kraft, die sie nach einer andern Richtung in Bewegung zu setzen strebt, ebenfalls so viel verlieren, als diese letztere beträgt. Bey gleichem Widerstande und gleicher wirkenden Kraft wird diese wechselseitige Verminderung nach Maaßgabe der Größe des Winkels Statt finden, welche die Richtung der Kraft, die die Bewegung hervorzubringen strebt, und diejenige mit einander machen, die der Materie ursprünglich inhärirt (nach §. 89.).

Erläuterung durch Gewichte, die an einem Seil über eine Rolle gezogen sind.

§. 104. Diese wechselseitige Verminderung der Kraft und Gegenkraft nennt man **Gegenwirkung** (Reactio), und es ist aus dem Gesagten klar, daß **Kraft und Gegenkraft sich immer gleich seyn müssen.** Die zur Bewegung der widerstehenden Materie angewandte Kraft kann nämlich nur in so fern ver-

min-

mindert werden, in so fern sie Widerstand findet, und sie kann diese mit keiner größern Geschwindigkeit bewegen, als welche nach Ueberwindung des Widerstandes übrig bleibt, nicht mit ihrer ursprünglichen. Es fließt von selbst aus dem Gesetze der Gegenwirkung, daß die Anwendung der Kraft auf einen Gegenstand am größesten ist, wenn dieser vollkommen widersteht; daß ohne Widerstand keine Anwendung, d. h., keine Verminderung der Kraft möglich ist, und daß kein Körper in Bewegung gesezt werden kann, wenn die bewegende Kraft und der Widerstand ursprünglich in ihm selbst sind.

Wenn ein Pferd eine Kraft hat, die 10 Centner Last zu überwältigen vermögend wäre, und es soll einen Stein, der durch eine ihm inhärirende Kraft, nämlich die der Gravitation, nach dem Mittelpuncte der Erde zu sollicitirt wird, und dessen bewegende Kraft einen Druck von 8 Centnern hervorbringt, nach einer auf der Richtung der Gravitation senkrechten, also horizontalen Richtung aus Ruhe in Bewegung versetzen; so wird es dazu weniger als 10 Centner Kraft verwenden können, nicht mehr: seine actio in corpus wird unter 10 Centnern seyn, wenn gleich die actio corporis 10 Centner wäre.

§. 105. Wenn nun die Materie selbst durch eine stetige Kraft sollicitirt wird, die sie ursprünglich in Bewegung zu versetzen strebt, und die ihr folglich Widerstand ertheilt, so wird bey Betrachtung der Größe der Bewegung solcher Materie nicht bloß die **Geschwindigkeit**, sondern auch die **Masse** in Anschlag gebracht werden müssen, auf deren Theile die stetige Kraft gleichförmig wirkt. Wenn nämlich jeder Theil der Materie von der stetigen Kraft afficirt wird, so wird bey gleicher Beschleunigung dieser Kraft der Widerstand um desto größer seyn, je größer die Quan-

Quantität der Substanz, d. h., je größer die Masse ist, die von dieser Kraft afficirt wird. Denn doppelt so viel widerstehende Materie enthält doppelt so viel Kraft zum Widerstande, und wird also auch zur gleichen Veränderung ihres Zustandes eine doppelt so große Kraft erfordern, als die einfache Masse.

§. 106. **Widerstehende Masse** ist also die Quantität des Beweglichen eines bestimmten Raums, das durch eine ihm beywohnende stetige Kraft zu einer Bewegung sollicitirt wird, und daher in jeder andern Richtung, die ihm mitgetheilt werden soll, und welche von der Richtung der ihm beywohnenden Kraft verschieden ist, widersteht. Das Product aus der inhärirenden **beschleunigenden** Kraft in die Quantität des Beweglichen heißt die **bewegende Kraft**, wie schon eben (§. 80.) angeführt worden ist.

§. 107. Wenn zwey Körper von gleicher widerstehender Masse nach einerley Richtung *) bewegt werden sollen, so erfordern sie natürlicher Weise einerley Maaß der Kraft, um sich mit einerley Geschwindigkeit zu bewegen; ungleiche widerstehende Massen erfordern ohne Zweifel ein ungleiches Maaß der Kraft, um gleiche Geschwindigkeit dadurch zu erhalten; so setzt auch wohl ungleiche Geschwindigkeit gleicher widerstehenden Massen ein ungleiches Maaß der Kraft voraus. Eben so leisten auch bewegte Körper von gleichen widerstehenden Massen und ungleicher Geschwindigkeit, oder auch von gleicher Geschwindigkeit und ungleichen Massen, ungleichen Widerstand.

*) Ich sage, wenn die Bewegung nach einerley Richtung geschehen soll. Denn eine verschiedene Richtung wird mit der-

derjenigen Richtung, in welcher die der widerstehenden Masse beywohnende ursprüngliche Kraft diese sollicitirt, einen verschiedenen Winkel machen, und daher wird, wie aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (§. 90.) bekannt ist, die Anwendung der Kraft verschiedentlich groß seyn müssen, wenn bey gleichen Massen die Geschwindigkeit gleich seyn soll.

§. 108. Die **Größe der Bewegung** (Quantitas motus) der Körper von widerstehender Masse hängt solchergestalt von ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit ab, und sie muß aus beyden ermessen werden. Es folgt aus dem Vorigen:

1) Die Größe der Bewegung zweyer Körper verhält sich wie die Massen derselben, wenn die Geschwindigkeit gleich ist.

2) Die Größe der Bewegung verhält sich wie die Geschwindigkeiten, wenn die Massen gleich sind.

3) Ueberhaupt verhält sich die Größe der Bewegung wie die Producte der Masse in die Geschwindigkeit.

4) Die Größen zweyer Bewegungen sind einander gleich, wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten.

Wenn wir die Größen der Bewegung zweyer Körper Q, q, ihre respectiven Geschwindigkeiten C, c, und ihre widerstehenden Massen M, m nennen, so ist
nach 1), wenn $C = c$, $Q : q = M : m$,
nach 2), wenn $M = m$, $Q : q = C : c$.
Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Geschwindigkeit $= C$, dessen Masse $= m$, und dessen Größe der Bewegung z heißt, so ist
für den ersten und dritten nach 1), $Q : z = M : m$,
für den dritten u. zweyten nach 2), $z : q = C : c$,
folglich für den ersten und zweyten $Q : q = MC : mc$.
Ferner ist $Q = q$, wenn $C : m = c : M$.

Zwey=

Zweytes Hauptstück.

Von den Grundstoffen und Formen der Körper, und ihrer Cohärenz.

Grundstoffe der Körper.

§. 109.

Wir nennen die Masse eines Körpers **gleichartig**, wenn alle durch Zerstückung oder durch physische Theilung desselben darzustellende Theile einerley Natur mit dem Ganzen haben, wovon sie genommen sind, und sich also nur in der Größe von ihm unterscheiden; widrigen Falls heißt sie **ungleichartig**.

Beyspiel von gleichartiger Masse am Wasser, von ungleichartiger am Granit.

§. 110. Aber die Erfahrung lehrt, daß auch solche Körper, deren Masse sich durchaus gleichartig zeigt, aus allerley ungleichartigen Theilen in mannichfaltigen Verhältnissen zusammengesetzt sind, die wir durch Hülfe der Kunst von einander trennen können.

§. 111. Diese Trennung einer gleichartig erscheinenden Masse in **ungleichartige Theile** (Partes dissimilares) heißt die **chemische Theilung**, und wir unterscheiden sie von der **physischen** oder **mechanischen**, die uns **gleichartige Theile** (Partes similares) liefert.

§. 112.

§. 112. Die gleichartigen Theile der Masse heißen auch **Grundmassen**; sie sind dem Ganzen ähnlich, wovon sie herrühren, und nur in der Größe, nicht in ihrer Natur, von demselben verschieden; die **ungleichartigen Theile** hingegen, die man auch **Grundstoffe, Bestandtheile** (Partes constituentes) nennt, sind weder dem Ganzen, wovon sie herrühren, noch unter einander selbst in ihrer Natur ähnlich; sie machen aber in der gehörigen Verbindung und im gehörigen Verhältnisse zusammen das uns gleichartig erscheinende Ganze aus.

Erläuterung durch Beyspiele an atmosphärischer Luft, am Glase, am Zinnober, am Wasser.

§. 113. Wenn ungleichartige Theile so verbunden sind, daß die Masse, die sie zusammen ausmachen, in ihren kleinsten Theilen sich den Sinnen gleichartig zeigt, so heißt die Materie, die sie bilden, **gemischt**, widrigen Falls ist sie nur daraus **gemengt**; ein Unterschied, der wohl zu merken ist.

Beyspiele gemengter Körper geben Granit, Porphyr.

§. 114. Bey der bloßen **Vermengung** ungleichartiger Stoffe behalten diese ihre vorige Natur; bey der **Vermischung** derselben hingegen entspringt daraus eine Materie von ganz anderer Natur und andern Eigenschaften, als die ihrer Bestandtheile waren.

Beyspiele geben ein innig zusammengeriebenes Gemenge von Mineralalkali und Kieselsande, das durch Zusammenschmelzen zum Gemische, zum Glase, wird.

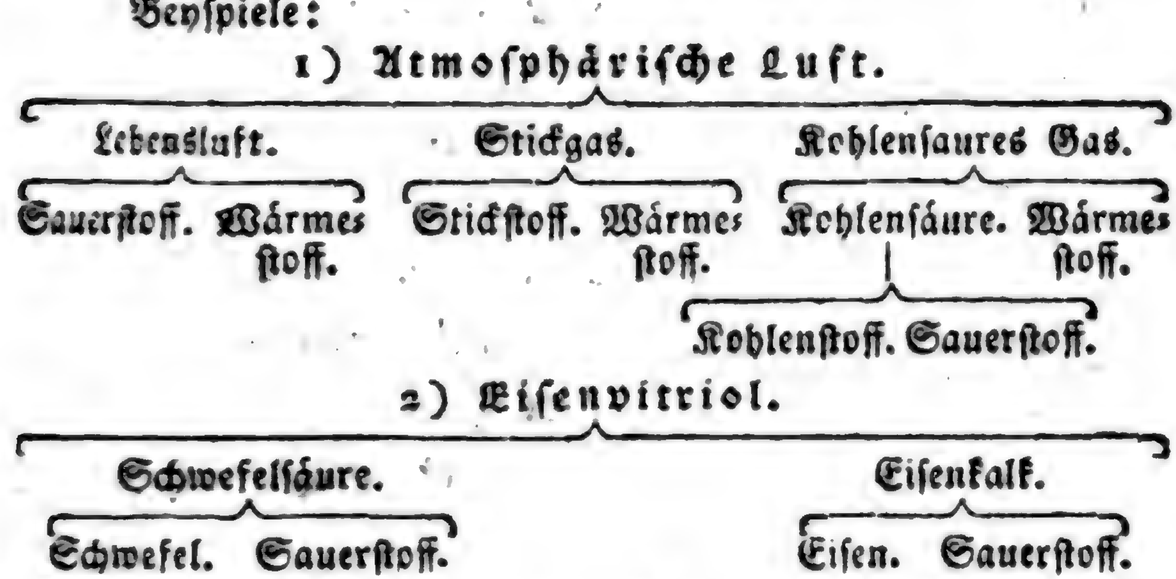
§. 115. Die Verbindung ungleichartiger Theile zu einem gleichartigen Ganzen heißt **Mischung** oder **Zusammensetzung** (Mixtio, Synthesis); die Trennung derselben daraus **Scheidung, Zerlegung**, **Zer-**

setzung

setzung (Analysis). Die Verbindung gleichartiger Theile wird **Zusammenhäufung** (Aggregatio), und ihre Trennung schlechtweg **Theilung, Zertheilung, Zerstückung** des Körpers genannt. Die beyden letztern Operationen geben keine neue, sondern nur eine der Masse nach vergrößerte oder verkleinerte Materie.

§. 116. Wenn die aus einem gemischten oder gemengten Körper erhaltenen Bestandtheile selbst noch weiter gemischt sind, und als Gemische darin so präexistiren, wie wir sie durch Scheidung daraus darstellen, so heißen sie die **nähern Bestandtheile** (Partes proximae), und ihre weitern ungleichartigen Grundstoffe die **entferntern Bestandtheile** (Partes remotae) des Körpers.

Beyspiele:



§. 117. Die letzten, nicht weiter aus ungleichartigen Theilen zusammengesetzten, Grundstoffe der Körper nennt man **Elemente, Urstoffe**. Viele Materien können wir zwar bis jetzt nicht weiter zerlegen; man ist aber deshalb noch nicht berechtigt, sie für Uranfänge zu halten; und daraus, daß sie bis jetzt unzerlegt sind, folgt nicht, daß sie an sich unzerlegbar wären,

wären, denn vielleicht erreichen weder unsere Sinne, noch unsere Werkzeuge je die an sich unzerlegbaren oder wahren Elemente.

§. 118. Die bey den mannichfaltigen Zergliederungen der verschiedentlichen Körper und Materien, mit welchen man Erfahrungen hat anstellen können, angetroffenen, specifisch verschiedenen, unzerlegten, also für uns einfachen, Stoffe, deren wechselseitige Verhältnisse und Eigenschaften der Gegenstand unserer Untersuchungen in der besondern Naturlehre seyn werden, sind folgende:

1) **Lichtstoff** (**Brennstoff**).
2) **Wärmestoff** (Calorique).
3) **Sauerstoff** (Oxygène).
4) **Wasserstoff** (Hydrogène).
5) **Stickstoff** (Azote).
6) **Kohlenstoff** (Carbone).
7) **Schwefel** (Soufre).
8) **Phosphor** (Phosphore).
9) **Radical der Salzsäure** (Radical muriatique).
10) — **der Flußsäure** (Radical fluorique).
11) — **der Boraxsäure** (Radical boracique).

---

12) **Gold** (Or).
13) **Platin** (Platine).
14) **Silber** (Argent).
15) **Quecksilber** (Mercure).
16) **Bley** (Plomb).
17) **Kupfer** (Cuivre).
18) **Eisen** (Fer).
19) **Zinn** (Etain).

20)

20) **Zink** (Zinc).
21) **Wismuth** (Bismuth).
22) **Spiesglanz** (Antimoine).
23) **Nickel** (Nickel).
24) **Kobalt** (Cobalt).
25) **Arsenik** (Arsenic).
26) **Magnesium** (Manganèse).
27) **Molybdän** (Molybdène).
28) **Wolfram** (Tungstène).
29) **Uran.**
30) **Titan.**

---

31) **Kieselerde** (Silice).
32) **Kalkerde** (Chaux).
33) **Talkerde** (Magnésie).
34) **Schwererde** (Baryte).
35) **Strontionerde.**
36) **Thonerde** (Alumine).
37) **Zirkonerde** (Circonie).
38) **Australerde.**

Von den Elementen der Peripatetiker: Feuer, Luft, Erde und Wasser.

§. 119. Einige dieser Grundstoffe sind für sich nicht, sondern nur in ihren Zusammensetzungen mit andern, darstellbar. Der Grund davon liegt wohl ohne Zweifel in ihrem großen Bestreben zur Vereinigung mit andern Stoffen, und in der Gelegenheit, diese immer bey ihrer Scheidung anzutreffen.

§. 120. Nicht immer beruht die specifische Verschiedenheit der Körper und Materien, die wir bis jetzt kennen, auf der Verschiedenheit ihrer Bestandtheile,

theile, sondern sehr oft auf dem verschiedenen Verhältnisse, in welchem diese unter einander verbunden sind.

§. 121. Der Grund der wesentlichen und specifischen Verschiedenheit der Grundstoffe unserer Sinnenwelt muß wohl in der Verschiedenheit der Intensität der ursprünglichen Grundkräfte, die das Wesen der Materie ausmachen (§. 46.), gesucht werden, vermöge welcher der Grad der Wirksamkeit und der Wechselwirkung der specifisch verschiedenen Materien ungleich ist.

Formen der Materien.

§. 122. Von dem wechselseitigen Einflusse dieser ursprünglichen Grundkräfte der Anziehung und der Repulsion, und ihrer respectiven Intensität in den verschiedentlichen einfachen und zusammengesetzten Stoffen hängt besonders die **Form der Aggregation** ab, die wir an den mannichfaltigen und verschiedenen Materien wahrnehmen, und weshalb wir drey Arten von Körpern unterscheiden: 1) **feste Körper** (Corpora solida); 2) **liquide** oder **tropfbar flüssige Körper** (Corpora liquida); und 3) **expansible** oder **elastisch = flüssige Körper** (Corpora expansibilia, Fluida elastica). Die beyden letztern begreift man unter dem Nahmen **flüssige Körper** (Corpora fluida) zusammen.

§. 123. **Feste Körper** (§. 122.) sind solche, welche vermöge der größern Intensität der in ihren Grundmassen wirksamen Anziehungs = oder Cohäsionskraft einen merklichen und beträchtlichen Widerstand

bey

bey der Verschiebung ihrer Theile an einander leisten. Aber die Stärke des Zusammenhanges der Theile und der Flächen der Grundmassen ist von mannichfaltigen Abstufungen bey den verschiedenen festen Körpern, und es gründen sich darauf besondere Unterabtheilungen derselben, die aber so wenig durch bestimmte Gränzlinien von einander abgesondert sind, daß die verschiedenen Arten, die dadurch unterschieden werden sollen, vielmehr ganz unmerklich in einander übergehen.

§. 124. So unterscheiden wir **harte** oder **starre Körper** (Corpora dura, rigida) von **weichen** (Corpora mollia) durch die Verschiedenheit der Größe des Widerstandes bey der Verschiebung und Trennung der Theile. Wir finden hier unzählige Abstufungen, und es läßt sich keine bestimmte Gränzlinie zwischen beyden ziehen.

§. 125. Solche feste Körper, deren Theile sich durch eine äußere Gewalt merklich verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang dadurch ganz zu verlieren, heißen **zähe, dehnbare, streckbare** (ductilia); sie sind hingegen **spröde** (fragilia), wenn die Theile nicht an einander verschoben werden können, ohne zu reißen, oder ihren Zusammenhang zu verlieren. Auch von diesen Arten des Zusammenhanges laufen die Gränzen derselben wieder sehr in einander.

§. 126. Von dieser Kraft der Anziehung oder Cohäsion rührt auch die **Federkraft** oder **Springkraft**, die man besser **Contractilität** nennen sollte, her, vermöge welcher die Theile fester Körper bey ihrer mehrern Entfernung von einander durch eine andere

dere Kraft mit Nachlassung derselben ihre vorige Nahheit wieder anzunehmen trachten. Ich unterscheide sie von der Elasticität, die ihr gerade entgegengesetzt, und deren Ursach wesentlich davon verschieden ist. Das Unzureichende in der bisherigen Erklärung beyder Phänomene rührt eben daher, daß man so verschiedene Wirkungen einerley Grundursachen zuschrieb. Da, wo man bisher bey federharten Körpern eine Wiederausdehnung nach einer vorherigen Zusammendrückung annahm, findet wirklich nichts anders als Zusammenziehung nach einer vorhergegangenen Dehnung Statt.

Beyspiele geben elastisches Harz, eine gespannte Saite, Stahlfedern, u. dergl.

Eine Stahlfeder hat Federkraft, weil sie sich, wenn sie gebogen, und solchergestalt bey ihrer Krümmung in einen größern Raum gedehnt wird, wieder zusammenzieht, wenn die spannende Kraft nachläßt. Ein stählerner Ring hat aus gleichen Ursachen Federkraft, und er äußert sie nicht durch Expansion, sondern durch Contraction. Wird er nämlich von beyden Seiten zusammengedrückt, und dadurch an seinen Krümmungen gedehnt, so ziehen sich diese wieder zusammen, so bald die dehnende Kraft nachläßt, die freylich, um die Krümmungen zu dehnen, den Ring an andern Stellen zusammendrücken mußte. Hiervon läßt sich nun auf die Federkraft einer Kugel von Elfenbein u. dergl. der Schluß leicht machen, bey denen es leichter scheinen könnte, als ob sie eine expansive Elasticität besäßen, da der Grund der Erscheinung doch auch nur, wie bey der Stahlfeder, in der Wiederzusammenziehung gedehnter Theile liegt. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel an einem Faden auf eine mit Fett dünn bestrichene polirte Steinplatte fallen, so schnellt sie sich freylich zurück, sie drückt auf dem Fette einen sichtbaren Fleck ein, und zeigt also dadurch eine wahre Zusammendrückung, die sie durch die Gewalt des Falles an der berührten Stelle erlitt. Aber man erinnere sich nur an den Ring, und man wird einsehen, daß die Theile der elfenbeinernen Kugel am Rande der plattgedrückten Stelle gespannt wurden, folglich sich wieder zusammenzogen, wie der Druck nachließ, und daß sie dadurch die eingedrückten Theile erhoben.

Durch diese Reaction wird es also möglich, daß die Kraft der Cohärenz Bewegung hervorbringen, oder zu einer bewegenden Kraft werden kann.

§. 127.

§. 127. Die Federkraft oder Contractilität zeigt sich, so wie die übrigen Arten der Cohäsion, bey den mancherley Körpern, in einem sehr verschiedenen Grade. Aber es ist wohl kein fester Körper, dem die Federkraft gänzlich mangelte. Uebrigens lehrt die Art und Weise, wie sich dieses Vermögen zeigt (§. 126.), daß zu der Aeußerung desselben Dehnbarkeit im gewissen Grade gehöre, ohne welche sonst die gespannten Theile in ihrem Zusammenhange ganz aufgehoben werden und reißen würden. Daher läßt es sich erklären, warum die Federkraft verschiedener Körper durch lange anhaltende Spannung oder Dehnung merklich schwächer wird, und warum sie zunimmt, wenn die Stärke des Zusammenhanges durch Vermehrung der Dichtigkeit wächst.

Beyspiele vom Wachsthume der Federkraft durch Zunahme der Dichtigkeit geben die gehämmerten Metalle, das Härten des Stahls, die Bologneserflaschen, die Glastropfen.

§. 128. Die Grade der Festigkeit der verschiedenen festen Körper stehen nicht im Verhältnisse mit der Dichtigkeit derselben, so weit wir diese durchs Gewicht ermessen können. So ist z. B. Gold und Bley dichter als Eisen und Kupfer, aber doch lange nicht so fest, als diese. Um diese Grade der Festigkeit bey verschiedenen festen Körpern zu messen, hat man sich der Gewichte bedient, welche zum Zerreißen derselben, bey einer bestimmten Dicke und länge, nothwendig sind. **Muschenbroek** hat insbesondere sehr viele Versuche über die Kraft angestellt, welche zum Zerreißen mehrerer Körper erfordert wird. Er hat aber dabey keine besondere Rücksicht auf die länge der Körper ge-

nommen, und daher geben auch Sickingens Versuche andere Resultate. Ueber die Stärke verschiedener Holzarten haben wir auch von Büsson, und über die der metallischen Gemische von Hrn. Achard zahlreiche Versuche erhalten. So nützlich aber auch alle diese Versuche fürs gemeine Leben seyn können, so wenig läßt sich doch daraus auf die Größe der Wirkung der Cohärenz schließen, weil hierbey, wie schon Hr. Kant *) erinnert hat, die Verschiebbarkeit der Theile gar nicht in Anschlag gebracht worden ist, die doch einen so beträchtlichen Einfluß hat. So wird z. B. ein Stab von weichem Wachse sich durch ein angehängtes Gewicht erst dünner ziehen lassen, ehe er reißt, und alsdann in einer weit kleinern Fläche reißen, als man anfänglich annahm. So ist es mit allen dehnbaren Körpern, und diese größere Dehnbarkeit ist vielleicht der Grund, warum z. B. das dichtere Bley bey gleicher Dicke eher reißt, als Kupfer, u. s. w. Hierzu kommt denn noch Verschiedenheit des Gefüges, das dicht, blätterig, körnig, u. s. w. seyn kann.

Petr. v. Muschenbroek introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in seinen *Dissertat. physic. experimental.* L. B. 1729 4 S. 423. ff.; und noch weitläuftiger, De cohaerentia et firmitate, in seiner *introduct. ad philosoph. naturalem*, *Vol.* I. S. 390. ff.

Er stellte Versuche an mit reinen Metallen, mit legirten Metallen, mit Stricken, mit Hölzern, mit Tüchern, mit Fellen, mit Saiten, mit Knochen und mit Gläsern. — Ich will aus der großen Zahl seiner Versuche nur die Resultate der mit reinen Metallen angestellten hier mittheilen. Er ließ davon Parallelepipeda, oder viereckige Stangen gießen, deren Querschnitte $\frac{1}{100}$ rheinländische Zoll ins Gevierte betrugen, diese mit dem einen, dazu eingerichteten, Ende senkrecht aufhängen und befestigen, und an das andere Ende eine mit Ketten versehene Waagschaale mit Gewichten aufhängen, die er so lange vermehrte, bis

die Stange zerriß. Er hat hierbey zugleich das eigenthümliche Gewicht der angewandten Metalle bemerkt.

Gold	zerriß von	578 Pf.	eigenthüml. Gew.	19,238
Kapellensilber	— —	1156 —	— —	11,091
Kupfer	— —	638 —	— —	8,181
Japanisches Kupfer		573 —	— —	8,726
Deutsches Eisen	—	1930 —	— —	7,807
Englisches Zinn	—	150 —	— —	7,295
Eine andere Sorte	—	188 —		
Bancazinn	— —	104 —	— —	7,216
Malaccazinn	— —	91 —	— —	6,125
Engl. Bley	— —	25 —	— —	11,333
Spießglasmetall	—	30 —	— —	4,500
Zink von Goslar	—	76 • 83	— —	7,215
Wismuth	— —	85 • 92	— —	9,850

Wenn hierbey nur auf gleiche Dicke Rücksicht genommen wird, so würde sich die Festigkeit der angeführten respectiven Metalle verhalten, wie die zu ihrem Zerreißen angewandten Gewichte, und das Eisen z. B. wäre $\frac{1930}{25}$ oder $77\frac{1}{5}$ mal fester als Bley, u. s. w.

Nach dem Gusse geschlagene Metalle wurden fester; doch hatte das seine Gränzen, und sie wurden bey zu lange fortgesetztem Hämmern wieder weniger fest.

Folgendes sind die Resultate einiger seiner Versuche mit Holz, wovon er auch Parallelepipeda machen ließ, deren Queerschnitte $\frac{1}{100}$ ins Gevierte betrugen:

Büchenholz	zerriß von	1250 Pf.
Eichenholz	— —	1250 —
Eichenholz	— —	1150 —
Lindenholz	— —	1000 —
Erlenholz	— —	1000 —
Ulmenholz	— —	900 —
Tannenholz	— —	600 —
Fichtenholz	— —	550 —

Mehr ins Große gehen Büffons Versuche mit Holz (Expériences sur la force des bois; in den *Mem. de l' acad. roy. des sc.* 1740. S. 153, und 1741 S. 292.)

Des Hrn. Grafen von Sickingen Versuche mit Metallen (Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) geben andere Resultate, als die Muschenbroekschen, indem er auch auf gleiche Längen Rücksicht nahm. Er ließ aus einigen Metallen Dräthe machen 0,3 Lin. (paris.) im Durchmesser, und 2 Fuß Länge, und es zerriß

Gold	von 16 Pf.	6 Unz.	—	$43\frac{3}{7}$ Gr.	(franz. Gew.)
Silber	— 20 —	11 —	1 Q.	$43\frac{1}{7}$ —	
Platina	— 28 —	7 —	3 —	—	
Kupfer	— 33 —	7 —	— —	64 —	
Eisen	— 60 —	12 —	— —	8 —	

Hiernach folgt also die Festigkeit der angeführten Metalle so auf einander, wie sie selbst hier nach einander stehen; da hingegen nach Muschenbroek sie so folgen würden: Kupfer, Gold, Silber, Eisen.

Traité sur les proprietés des alliages metalliques par Mr. *Achard*. à Berlin 1788. 4.

Kurze Abhandlung über die Theorie der Festigkeit der Materialien von Gottl. Ludwig von Pöllnitz, Leipz. 1795. 8.

*) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. S. 91.

§. 129. **Flüssige Körper** (§. 122.) sind solche, deren Theile von jeder noch so kleinen bewegenden Kraft an einander verschoben werden können. Wir müssen zwey wesentlich verschiedene Gattungen flüssiger Körper unterscheiden, nämlich **liquide** und **expansible**.

§. 130. **Liquide** oder **tropfbar-flüssige Körper** (§. 121.) zeigen sich unsern Sinnen als ein zusammenhängendes Aggregat, und nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Massen eine sphärische Gestalt an, oder bilden Tropfen, so bald die wechselseitige Anziehung ihrer Theile nicht durch andere Körper gestört wird. Sie besitzen allerdings einen gewissen Grad von Compressibilität, und äußern bey der Zusammendrückung expansive Elasticität, wir dies Versuche am Wasser gelehrt haben.

Ueber die Elasticität des Wassers, theoretisch und historisch entworfen von F. A. W. Zimmermann. Leipzig 1779. 8.

§. 131. **Expansible** oder **eigentlich-elastische Flüssigkeiten** (§. 122.) zeigen ganz und gar keinen den Sinnen bemerkbaren Zusammenhang ihrer Theile, und die anziehende Kraft ihrer Theile ist durch die stärker wirkende abstoßende Kraft derselben ganz aufgehoben. Sie müßten vermöge dieser überwiegenden expansiven Kraft nach allen Seiten hin ohne Gränzen sich ausbreiten, wenn nicht Schwerkraft eigener Theile oder überwiegende Anziehungskraft fremder

Stoffe

Stoffe dagegen dies verhinderte und so ihrer Expansion Gränzen setzte.

§. 132. Die elastischen Flüssigkeiten (§. 131.) sind entweder **an sich expansible** oder **durch Mittheilung oder Ableitung** expansible. Die erstern, wie der Wärmestoff, besitzen ihre expansive Elasticität ursprünglich, wenigstens kennen wir bey dem Wärmestoffe keine Substanz, und unsere Sinne zeigen uns keine, von der wir seine überwiegende Expansivkraft ableiten könnten. Die Luftarten und Dämpfe hingegen besitzen eine abgeleitete Expansibilität, und verdanken dieselbe dem Wärmestoffe.

§. 133. Ferner unterscheide ich **rein-expansible** und **schwere expansible Flüssigkeiten.** Bey den erstern, wie bey dem Wärmestoffe und Lichte, folgen die Theile in ihrer Bewegung außer der Expansivkraft, sie sey ursprünglich oder abgeleitet, keiner andern Grundkraft, und sie verbreiten sich von dem Orte aus, wo die abstoßende Kraft ihrer Materie thätig zu werden anfängt, nach allen Richtungen zu mit gleicher Leichtigkeit, und nur die ihrer Expansivkraft entgegen wirkende Anziehung anderer Grundstoffe kann der Verbreitung derselben ins Unendliche Gränzen setzen. Diese rein-elastischen Flüssigkeiten heißen auch **strahlende.**

§. 134. Zur leichtern geometrischen Construction der Begriffe bey der Erklärung der Erscheinungen der rein-expansibeln Flüssigkeiten ist es zwar erlaubt, sich die Verbreitung derselben in **Strahlen**, und als discreter Theilchen in geraden Linien, vorzustellen; aber in

in der Wirklichkeit ist diese atomistische Vorstellungsart durch nichts zu erweisen. Sie erfüllen vielmehr, wie alle Materien, auch bey der größesten Dünne, ihren Raum mit Continuität.

§. 135. Die **schweren expansibeln Flüssigkeiten** (§. 133.), wie die Luftarten und Dämpfe, besitzen alle eine abgeleitete expansive Elasticität. Die Erfahrungen in der Folge werden lehren, daß sie alle aus einer **ponderabeln**, an sich nicht expansibeln, **Basis**, die für sich durch die wechselseitige Wirkung ihrer ursprünglich anziehenden und abstoßenden Kraft die Aggregation der Festigkeit haben würde, und aus einem **an sich expansibeln** Stoffe, dem Wärmestoffe, bestehen, durch dessen überwiegende Expansivkraft die ursprünglichen Attractionskräfte der Basis derselben verschwinden müssen. Eben die Schwere ihrer Theile hindert, daß sie sich nicht so, wie die reinelastischen Flüssigkeiten (§. 133.) verbreiten können.

§. 136. Von diesen schweren elastischen Flüssigkeiten (§. 135.) unterscheiden wir zweyerley Arten: 1) **luftförmige Gasarten**, oder **Luftarten** (Fluida aëriformia), und 2) **dampfförmige** oder **Dämpfe** (Vapores). Jene behalten ihre elastische Form bey jedem Grade der Zusammendrückung, den wir anzuwenden im Stande sind, und bey jedem uns bekannten Grade der Kälte; sie besitzen also in diesen Umständen Permaneität der mitgetheilten Elasticität, und ihre Zusammensetzung (§. 135.) wird durch mechanische Zusammendrückung nicht aufgehoben. Diese hingegen, die dampfförmigen Flüssigkeiten, verlieren

durchs

durchs Zusammenpressen, so wie durch Kälte, ihre Form der elastischen Aggregation; die eigenen Anziehungskräfte der Theile ihrer Basis werden nun wieder verstärkt, und diese treten zum festen oder liquiden Körper zusammen, indem sie sich von einem Antheile des Wärmestoffs trennen.

§. 137. Alle tropfbar-flüssige Körper, die wir kennen, haben diese Form ihrer Aggregation nicht ihren ursprünglichen Grundkräften zu danken, sondern würden durch diese vielmehr sämmtlich feste Körper seyn. Ihre Liquidität ist mitgetheilt, ist Folge des Einflusses des expansibeln Wärmestoffs, wie dies Erfahrungen in der Folge näher beweisen werden. So hat also der Wärmestoff durch seine expansive Kraft Antheil an der Hervorbringung der Form aller schweren expansibeln und aller liquiden Körper.

So ist z. B. das Wasser unter 0° noch Reaum. ein fester Körper (Eis); über 0° bis 80° bey dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre tropfbar-flüssig (eigentliches Wasser); bey 80° und darüber bey dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre elastisch-flüssig (Wasserdampf).

§. 138. Ohne den Druck der Atmosphäre, der die ursprünglichen Attractionskräfte der Theile verstärkt, würden sehr viele tropfbar-flüssige Körper bey dem gewöhnlichen Grade der Wärme, wobey wir leben, gar nicht einmal als tropfbar-flüssige erscheinen; wir würden sie als solche gar nicht kennen, sondern sie würden durch die nun überwiegend werdenden expansiven Kräfte des mit ihnen verbundenen Wärmestoffs zu expansibeln Flüssigkeiten werden.

Ohne den Druck der Atmosphäre würde das Wasser schon bey dem Schmelzpuncte die Form der elastischen Flüssigkeit annehmen und den Zwischenzustand des Tropfbar-flüssigen gar nicht erhalten.

Ver-

Versuche zur Bestätigung mit warmen Wasser, oder mit Aether unter der Glocke der Luftpumpe.

§. 139. Ein merkwürdiges Phänomen der den Theilen der Materie beywohnenden Anziehungskraft ist die bestimmte **Gestalt**, welche die Theile annehmen, wenn jene ungehindert und frey darauf wirken kann. Bey den liquiden Körpern ist es die Bildung der **Tropfen** bey den festen die **Krystallisirung** und das **Gefüge** (Textura), das in dieser Rücksicht unsere nähere Betrachtung verdient.

§. 140. Alle liquide Körper nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Massen eine sphärische Gestalt an und bilden Tropfen, so bald sie nicht mit einem andern Körper so stark zusammenhängen, daß sie darauf oder daran zerfließen. So bildet fein zertheiltes Quecksilber auf Holz, auf Glas, auf Stein, und mehrern dergleichen Materien, lauter kleine Kügelchen; eben so auch Wasser und Wein, auf Holz, Papier u. dergl., das mit Bärlappsamen bestreut ist; Oehl auf einer mit Wasser feucht gemachten Tafel; und alle dergleichen flüssige Körper überhaupt nehmen die Kugelgestalt an, wenn sie in kleinen Massen durch die Luft fallen. Eine bloß träge flüssige Masse würde auf jeden Fall die Figur behalten, die sie einmal hätte, und keine Tropfen bilden. Hat sie diese Figur noch nicht, so kann sie nicht ohne Bewegung ihrer Theile zu einer runden Kugel werden. Schon die Bildung der Tropfen beweiset also, daß eine Ursach da seyn muß, welche diese Wirkung hervorbringt. Die Schwere kann nicht die Ursach seyn, da sie vielmehr

mehr der Bildung der Tropfen wirklich hinderlich ist, wie die Erfahrung lehrt, und das Plattdrücken der auf festen Körpern ruhenden Tropfen oder Kügelchen bewirkt, die um desto mehr eine vollkommene Sphäre bilden, je kleiner sie sind, und je geringer ihr Gewicht ist. Es bleibt nur die Kraft der Anziehung zwischen den Theilchen des tropfbar-flüssigen Körpers allein übrig, aus der man auf eine genugthuende Weise dieses Phänomen erklären kann. Wenn man nämlich voraussetzt, daß alle Theilchen einer Materie mit gleicher Stärke sich anziehen, und die Verschiebbarkeit derselben groß genug ist, um ihrer Bewegung kein Hinderniß entgegen zu setzen, so folgt aus richtigen mechanischen Gründen, daß das Gleichgewicht dann erst entstehen könne, wenn die Masse eine Kugelgestalt angenommen hat.

Hierher gehört auch das Körnen der Metalle, und die Verfertigung des Schrotes aus Bley.

§. 141. Auch feste Körper nehmen eine bestimmte Form an, und ihre Theile bilden Gruppen von eigenen Gestalten, so bald sie ungehindert der Bewegung folgen können, welche die Anziehungskraft in bestimmten Richtungen unter ihnen hervorbringt. Hier ist nun der merkwürdige Umstand, daß die Theilchen sich nicht nach allen Richtungen mit gleicher Stärke anziehen, und daß die schon gebildeten kleinern Gruppen und Grundgestalten sich in gewissen Flächen stärker anziehen, als in andern, und solchergestalt polyedrische Solida bilden, die wir **Krystalle** (Crystalli) nennen.

§. 142.

§. 142. Damit nun feste Körper Krystalle von bestimmten und regelmäßigen Formen bilden, oder sich gehörig krystallisiren, ist nöthig, 1) daß sie erst in den Zustand der Flüssigkeit gebracht werden, um Verschiebbarkeit der Theile im hohen Grade zu erhalten, und 2) daß sie allmählig und ohne Störung wieder erstarren oder aus Flüssigkeit in Festigkeit übergehen, während welches Ueberganges aus Flüssigkeit in Festigkeit sich die Theile in bestimmten Richtungen an einander fügen, und so Körper von bestimmten Umrissen, wenigstens von bestimmtem Gefüge bilden.

§. 143. Unter dieser Bedingung kann man wohl von allen festen Körpern behaupten, daß sie eine gewisse bestimmte Gestalt annehmen, und dadurch entweder bestimmte Formen im Umrisse, oder wenigstens ein bestimmtes Gefüge erhalten. Die Natur zeigt uns diese regelmäßige Gestalt und Fügung an unzähligen festen Körpern in unzähligen Verschiedenheiten, an Erden und Steinen, Salzen, Metallen, und Schwefel; und wenn zahlreiche Arten nicht in dieser regelmäßigen Gestalt oder Fügung erscheinen, so läßt doch das, daß eben diese Arten sonst auch so angetroffen werden, schließen, daß bey ihrem Gestehen die Bedingungen fehlten, unter welchen nur jenes Phänomen Statt finden kann. Bey einigen zähen Körpern, wie bey den dehnbaren Metallen, wird auch das regelmäßige Gefüge ihrer Theile bey der Trennung selbst gestört, und läßt sich eben deßwegen nicht wahrnehmen. Die Kunst kann freylich die Natur in der Configuration nicht immer nachahmen, da es ihr an

Mit-

Mitteln fehlt, viele Dinge in den dazu nöthigen Zustand der Flüssigkeit zu versetzen.

Beyspiele an Krystallisirung des Salpeters, Glaubersalzes, und anderer Salze.

Krystallisirung verschiedener Salze in einzelnen Tropfen ihrer Auflösung, die nachher mikroskopisch betrachtet werden.

Der Silberbaum oder Dianenbaum.

Der Bleybaum.

Der Zinnbaum.

de Romé Delisle Essay de Crystallographie. à Paris. 1772. gr. 8. Versuch einer Krystallographie von Herrn de Romé Delisle, aus dem Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. Greifswald 1777. gr. 8. Crystallographie, ou déscription des formes propres à tous les corps du regne mineral, par Mr. *Romé Delisle.* Sec. edit. à Paris. T. I — IV. 1784. 8. *Torb. Bergmann* de formis crystallorum, praesertim e spatho ortis; in seinen *opusc. physico-chemicis. Vol. II.* S. 1. ff. Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien, abgefaßt von A. G. Werner. Leipz. 1774. 8.

§. 144. Die zur Bildung der Krystalle, oder wenigstens eines bestimmten Gefüges, nöthige erste Bedingung, die leichte Verschiebbarkeit der Grundmassen durchs Flüssigwerden, wird bey festen Körpern entweder durchs Schmelzen, oder durchs Auflösen in andern liquiden Körpern, oder durch Verwandlung in Dampf, oder auch durch höchst feine Zertheilung in einem flüssigen Mittel, ertheilt; und die andere Bedingung, die Wiederwegnahme dessen, was sie flüssig machte, wird entweder durch Erkältung und Gefrieren, oder durch Verdunstung des Auflösungsmittels, oder durch Niederschläge, oder durch Ruhe und Bodensätze erhalten, wobey nun freylich überhaupt keine andere Art der Bewegung, wie Schütteln, Umrühren, die Ziehung der festwerdenden Theile hindern und stören muß. Bey einem zu plötzlichen Uebergange zur Festigkeit haben die

Theil-

Theilchen nicht Zeit genug, sich regelmäßig an einander anzulegen, und die Bildung wird unförmlich.

Beyspiele von der Bildung der Krystalle oder wenigstens eines regelmäßigen Gefüges unter den angeführten Bedingungen 1) des Schmelzens und Erkältens sind: das Eis, besonders bey dem Gefrieren der Fenster, der Schwefel, der Spießglaskönig, der Wismuth rc.; 2) des Auflösens in tropfbarer Flüssigkeit: a) des Abdunstens oder Abkühlens: die mannichfaltigen Salzkrystalle, der Schwefelrubin, b) des Niederschlagens: die Metallbäumchen rc.; 3) der Verwandlung in Dampf und Abkühlung: der Schnee, die krystallinischen Sublimate, und so genannten chemischen Blumen; 4) des feinen Zertheilens in Wasser oder in andern Mediis; die Bildung der kalkigen Stalactite und Tophe.

Bey der Bildung organischer Körper müssen wir endlich auch bey dieser Grundkraft der Cohärenz als letzter Ursach stehen bleiben, und selbst der Bildungstrieb des Hrn. Blumenbach löst sich zuletzt darin auf.

§. 145. Sehr viele größere Krystalle lassen sich mechanisch in andere kleinere zertrennen, die entweder den größern in der Gestalt ähnlich sind, oder nicht. Das erstere findet Statt, wenn die Theilungen des größern Krystalles mit allen seinen Flächen parallel geführt werden können; widrigen Falls sind sie ihm unähnlich. Herr Haüy hat diesen Gegenstand mit sehr vieler Genauigkeit bey den Fossilien untersucht, und aus der Anhäufung von gewissen kleinern primitiven Grundgestalten nach gewissen Gesetzen die Entstehungsart größerer Krystalle von secundären Gestalten sehr glücklich entwickelt.

Nach Hrn. Haüy lassen sich alle bis jetzt gefundene primitive Formen der Fossilien auf sechs zurückbringen, nämlich: das Parallelepipedum, wohin der Würfel, die Rhomboide, und alle Solida gehören, die von sechs Flächen eingeschränkt werden, wovon je zwey parallel sind; das regelmäßige Tetraëdrum; das regelmäßige Octaëdrum; die sechsseitige Säule; das Dodecaëdrum mit gleichen und ähnlichen Rautenflächen; und das Dodecaëdrum mit dreyseitigen gleichschenkligen Flächen.

Des Hrn. Haüy Abriß der Theorie von der Structur der Krystalle; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. II. S. 418. ff.

Phäno-

Phänomene der Cohärenz der Körper.

§. 146. Nicht allein die Theile eines und eben desselben Körpers hängen unter einander zusammen, sondern auch die Körper von einerley Art unter einander selbst, wenn sie sich berühren, und zwar um desto stärker, je genauer und in je mehr Puncten sie sich berühren.

Beyspiele des Zusammenhängens 1) flüssiger Körper giebt das Zusammenfließen der Wassertropfen, der Quecksilberkügelchen, der Oehltropfen, bey ihrer Berührung; 2) fester Körper, das Zusammenhängen zwey geschliffener Messingplatten und Glasplatten.

§. 147. Auch Körper von ungleicher Art hängen unter einander zusammen, wenn sie sich genau genug berühren. Diese Stärke des Zusammenhanges ist zwischen verschiedenen ungleichartigen Körpern bey gleicher Berührungsfläche sehr verschieden.

Versuche: 1) Zwey Metallplatten, Glasplatten, oder Marmorplatten, die mit Wasser oder Fett bestrichen sind, hängen stark zusammen.

2) Es werde eine runde dicke Messingplatte vermittelst eines in der Mitte derselben befindlichen Hakens durch einen Faden an den Arm eines Waagebalkens so aufgehängt, daß sie genau horizontal hänge; sie werde an der Waage ins Gleichgewicht gebracht, und dann auf die Fläche von untergesetztem Wasser, Weingeist und Quecksilber so gelegt, daß keine Luftblasen darunter bleiben. Die Waage wird aus dem Gleichgewicht gebracht seyn, und es werden Gewichte erfordert werden, um die Platte loszureißen. Diese Gewichte werden bey den verschiedenen Flüssigkeiten verschieden seyn müssen.

Der Druck der Luft kann von dieser Erscheinung nicht die alleinige Ursach seyn, da sie auch unter dem leeren Recipienten der Luftpumpe Statt hat, obgleich hier die Stärke des Zusammenhanges vermindert ist. Wäre der Druck der Luft die alleinige Ursach, so müßte die Stärke des Zusammenhanges sich bloß nach der Fläche richten, was doch nicht ist.

Muschenbroek (introd. ad philos. natural. T. I. §. 1096.) ließ Cylinder aus verschiedenen Materien verfertigen, deren Durchmesser 1,916 rheinl. Zoll betrug, und die Grundflächen derselben sehr genau schleifen und poliren. Er bestrich die Grund-

Grundflächen je zweyer Cylinder von einerley Art nach der Erwärmung mit Rindstalg, befestigte den obern, und riß nun den untern durch angehängte Gewichte, nach dem völligen Erkalten des Talges, senkrecht ab. Er nimmt an, daß der Druck der Luft hierbey 41 Pf. betragen habe, und diesen bringt er mit in Anschlag, und da fand er denn folgende Resultate: es hingen zusammen:

Cylinder von			nach Abzug des Drucks der Luft von 41 Pf.
Glas	mit	130 Pf.	mit 89 Pf.
Meßing	⸗	150 ⸗	⸗ 109 ⸗
Kupfer	⸗	200 ⸗	⸗ 159 ⸗
Silber	⸗	125 ⸗	⸗ 84 ⸗
gehärtetem Stahl	⸗	225 ⸗	⸗ 184 ⸗
weichem Eisen	⸗	300 ⸗	⸗ 259 ⸗
Zinn	⸗	100 ⸗	⸗ 59 ⸗
Bley	⸗	275 ⸗	⸗ 231 ⸗
Zink	⸗	100 ⸗	⸗ 59 ⸗
Wismuth	⸗	150 ⸗	⸗ 109 ⸗
weißem Marmor	⸗	225 ⸗	⸗ 184 ⸗
schwarzem Marmor	⸗	230 ⸗	⸗ 189 ⸗
Elfenbein	⸗	108 ⸗	⸗ 67 ⸗

Hr. v. Morveau ließ von verschiedenen Metallen runde Platten von gleicher Größe und Gestalt machen, die 1 Zoll im Durchmesser hatten, und bestimmte die Kraft, mit der sie auf Quecksilber hingen. Es hing daran

das Gold	mit	einer	Kraft	von	446	Granen
das Silber	⸗	⸗	⸗	⸗	4[illegible]9	⸗
das Zinn	⸗	⸗	⸗	⸗	418	⸗
das Bley	⸗	⸗	⸗	⸗	397	⸗
der Wismuth	⸗		⸗	⸗	372	⸗
der Zink	⸗	⸗	⸗	⸗	204	⸗
das Kupfer		⸗	⸗	⸗	142	⸗
der Spießglaskönig			⸗	⸗	126	⸗
das Eisen		⸗	⸗	⸗	115	⸗
der Kobold		⸗	-	⸗	8	⸗

(Man sehe Anfangsgründe der theoretischen und practischen Chemie von Hrn. de Morveau, Maret und Durande, a. d. Franz. von Christ. Ehrenfr. Weigel, Th. 1. Leipz. 1779. 8. S. 49. ingleichen: Expériences faites en présence de l'Acad. de Dijon, le 12. Fevr. 1773. par Mr. *de Morveau*; in *Obs. de Physique de Mr. l'Abb. Rozier*. T. I. S. 172. und 460.).

Nachricht von den Resultaten einer großen Anzahl von Versuchen dieser Art findet man bey Hrn. Achard: Versuche über die Kraft, mit welcher die festen und flüssigen Körper zusammenhangen, nebst der Bestimmung der Gesetze, denen diese Kraft in Absicht ihrer Vermehrung oder Verminderung nach der Natur einer jeden Flüssigkeit unterworfen ist; in seinen chymisch. phys. Schriften S. 354. ff.

§. 148. Es gründen sich auf diese Kraft des Zusammenhanges zwischen ungleichartigen Stoffen

das Zusammenleimen, die **Kütte**, der **Mörtel**, das **Löthen**, das **Verzinnen**, das **Versilbern**, das **Vergolden**.

§. 149. Aus verschiedenen bisher angestellten Versuchen scheint das Gesetz zu folgen: **daß die Stärke der Cohäsion bey verschiedenen Paaren von einerley Körpern, so wohl von gleichartigen als ungleichartigen, mit der Menge der Berührungspuncte im Verhältnisse stehe.**

Versuche: Runde geschliffene Glasscheiben, deren Durchmesser sich wie 1, 2, 3 gegen einander verhalten, hängen mit Wasser, mit verschiedenen Kräften zusammen, die sich gegen einander sehr nahe verhalten, wie 1^2, 2^2, 3^2, oder wie ihre Grundflächen. Man sehe auch Achard a. a. O. Tab. 4. und 5.

§. 150. Es ist noch kein Gesetz bekannt, nach welchem sich die Größe der Kräfte des Zusammenhanges bey Körpern von ungleicher Art richtete. Die Dichtigkeit der Körper steht damit in gar keinem Verhältnisse; und es ist keineswegs allgemein wahr, was **Hamberger** behauptete, daß eine flüssige Materie von geringerm eigenthümlichen Gewichte mit einem Körper von einem größern eigenthümlichen Gewichte stärker zusammenhänge, als unter sich selbst; oder daß flüssige Materien von größerm eigenthümlichen Gewichte stärker unter sich zusammenhängen, als mit Körpern von geringerm eigenthümlichen Gewichte.

Hamberger elem. physices §. 157. 158.

§. 151. Auf den Zusammenhang flüssiger Materien mit festen, der größer oder kleiner ist, als der zwischen den Theilen der flüssigen Materie selbst,

gründen

gründen sich verschiedene merkwürdige Phänomene. Wenn ein fester Körper mit einem flüssigen stärker zusammenhängt, als der flüssige unter sich, so hängen sich die Theile des letztern an den erstern bey der Berührung an ihn an, und machen ihn naß, oder sie zerfließen auf ihm; wenn hingegen die Cohäsionskraft zwischen den Theilen des flüssigen Körpers stärker ist, als zwischen diesen und dem festen Körper, so bleibt der letztere bey dem Hineintauchen in jenen trocken, und der flüssige Körper zerfließt nicht darauf, sondern bildet Kügelchen oder Tropfen (§. 140.). Da nun schwerere Flüssigkeiten auf leichtern festen Körpern allerdings zerfließen können, so ist dies zugleich eine Bestätigung des vorigen Satzes (§. 149.).

Beyspiele: Quecksilber zerfließt auf Gold, Silber, Bley, Zinn, und man kann allerdings sagen, es mache diese Körper naß; es zerfließt hingegen nicht auf Eisen, Glas, Holz, Stein. Wasser zerfließt auf Glas, Holz, unserer Haut, und macht daher diese naß; es zerfließt hingegen nicht auf einer mit Fett bestrichenen oder besser mit Bärlappsaamen bestrichenen Tafel; man kann solchergestalt, wenn man auf die Fläche des Wassers Bärlappsaamen streuet, durch denselben hindurch ins Wasser greifen, ohne daß die Finger naß werden. Fließende Metalle zerfließen nicht auf Steinen und erdigen Massen, und bilden darauf in kleinen Massen Kügelchen oder Tropfen.

§. 152. Ferner, wenn flüssige Materien in ihren Theilen stärker zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so nehmen sie in den aus dem letztern gemachten Gefäßen eine convexe Oberfläche an, die dem Abschnitte einer Kugel um desto näher kommt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Taucht man den festen Körper in den flüssigen dieser Art hinein, so bildet die Flüssigkeit rund um ihn herum eine Vertiefung.

Beyspiele: Quecksilber steht in gläsernen Röhren mit einer convexen Fläche; fließende Metalle stehen in den irdenen Schmelzgefäßen mit einer convexen Fläche; Wasser steht in einem mit Fett ausgestrichnen und mit Bärlappsaamen bestreueten Glase mit convexer Fläche. Eine Glasröhre, Holz, der Finger in Quecksilber getaucht verursacht rund umher eine Vertiefung im Quecksilber.

Nach hydraulischen Gesetzen sollte die Flüssigkeit in Gefäßen dieser Art eine vollkommen horizontale Oberfläche haben, und sie würde es thun, wenn die Theilchen ungehindert, ohne Cohäsion, der Schwere folgten. Wenn sie hinwiederum bloß der Cohärenz gleichförmig folgten, und nicht zugleich schwer wären, so würden sie auch in dem weitesten Gefäße eine vollkommene convexe Kugelfläche bilden. Sind sie aber nun zu gleicher Zeit schwer und cohärirend, so werden die mittlern Säulen sinken müssen, wenn sie um so viel höher stehen, als die äußere, daß ihr senkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Kraft der Cohärenz zu erhalten vermögend ist. Nur an den Seiten wird dann die Convexität wahrzunehmen seyn.

§. 153. Wenn hingegen flüssige Körper in ihren Theilen schwächer zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so stehen sie in den aus letztern gemachten Gefäßen mit einer concaven Fläche, oder sie stehen am Rande höher, als in der Mitte. Und eben so bildet auch die Flüssigkeit um einen solchen festen Körper rings herum eine Erhöhung.

Beyspiele: Quecksilber steht in zinnernen oder bleyernen Gefäßen mit einer concaven Fläche; eben so auch Wasser in gläsernen Gefäßen. Um eine ins Wasser getauchte Glasstange steht dasselbe rund herum erhöhet; so auch das Quecksilber um eine Zinnstange.

Die Flüssigkeit würde nach hydraulischen Gesetzen, wenn ihre Theile bloß der Schwere, ohne Cohärenz, folgten, eine vollkommene horizontale Fläche annehmen. Wenn sie aber nun mit den Theilen der festen Körper cohäriren, so werden die Theilchen derselben, die die Wand des Gefäßes berühren, dadurch in ihrem senkrechten Drucke nach unten zu vermindert werden, (gewisser Maaßen durch das Ankleben an die Wand des Gefäßes), und sie werden an der Wand umher um so viel höher stehen müssen, als ihr verminderter Druck mit dem Drucke der davon entfernten Säulen das Gleichgewicht halten kann.

§. 154. Hierauf gründet sich nun einzig und allein das Phänomen der Haarröhrchen (Tubi capillares).

lares). Man versteht darunter hohle gläserne Röhren, deren Höhlung etwa den Durchmesser eines Pferdehaares und etwas darüber hat, und die an beyden Enden offen sind. Stellt man die untere Oeffnung in eine Flüssigkeit, die auf Glas zerfließt, so steigt in kurzer Zeit die Flüssigkeit darin in die Höhe und erhebt sich über die Oberfläche der äußern Flüssigkeit, und zwar zu einer größern oder geringern Höhe, nach der Enge des Haarröhrchens und der verschiedenen Natur der Flüssigkeit.

Versuche mit gläsernen Haarröhrchen in Wasser, Milch, Lackmustinctur, Tinte, u. dergl.

Das Haarröhrchen muß oben offen seyn, sonst wird die eingeschlossene Luft durch ihren Gegendruck beym Zusammenpressen das Aufsteigen hindern.

Wenn die gefärbten Flüssigkeiten durchsichtig sind, so lassen sie sich in dem Haarröhrchen nicht gut unterscheiden, weil sich wegen der Dünne der Säule die Farbe verwischt. Um diese besser wahrzunehmen, klebt man das Haarröhrchen auf einen Papierstreifen. Undurchsichtige Flüssigkeiten, als Milch, lassen sich darin leicht wahrnehmen.

§. 155. In diesen Haarröhrchen steht die Flüssigkeit an den Seiten ebenfalls höher, als in der Mitte (§. 153.); aber wegen der geringen Entfernung fließt der Ring, welchen die Flüssigkeit an den Seiten bildet, zusammen; wegen der fortwirkenden Ursach der Cohäsion steigt das Wasser an den Seiten nun abermals höher, fließt wieder zusammen, u. s. f., bis endlich das Gewicht der Säule der in dem Haarröhrchen aufgestiegenen Flüssigkeit im Gleichgewichte steht mit der Cohäsion, die zwischen dem Glase und der Flüssigkeit obwaltet. Denn nun hat das Aufsteigen natürlicher Weise seine Gränzen.

Es versteht sich, daß die Flüssigkeit keine merkliche Viscosität haben müsse.

§. 156. Da der Grund des Aufsteigens der Flüssigkeiten in Haarröhrchen einzig und allein in der Kraft des Zusammenhanges derselben mit dem Glase zu suchen ist, so läßt sich auch leicht einsehen, daß dieses Aufsteigen und die Höhe desselben bey den verschiedenen Flüssigkeiten sich so wenig nach einem bekannten Gesetze richte, als die Cohäsion der Körper überhaupt (§. 150.), sondern daß sie vielmehr erst jedesmal durch Erfahrung gefunden werden müsse.

§. 157. Es läßt sich hieraus erklären, warum die Höhe des Aufsteigens der Flüssigkeiten mit ihrem specifischen Gewichte in keinem Verhältnisse steht; und warum auch selbst, nach Muschenbroeks Versuchen, die Beschaffenheit des Glases auf die Höhe, zu welcher einerley Flüssigkeit in Haarröhren von einerley Durchmesser steigt, Einfluß haben kann.

Nach Muschenbroek (introductio in philosophiam naturalem T. I. S. 373.) stiegen in Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flaschenglase:

Destillirtes Wasser	3,40	Zoll rheinl.
Liquor anodynus	1,40	=
Alcohol	1,80	=
Aetzender Salmiakgeist	3,60	=
Luftsaurer Salmiakgeist	4,56	=
Salpetergeist	2,07	=
Salzgeist	2,07	=
Vitriolgeist	3,25	=
Vitriolöhl	1,30	=
Terpentinöhl	2,58	=

In Haarröhrchen, von eben dem Durchmesser, aber aus andern Glassorten, waren die respectiven Höhen eben dieser Flüssigkeiten größer und kleiner.

Es wäre überhaupt der Mühe werth, zu untersuchen, ob nicht diejenigen Flüssigkeiten, die mit einer Glasplatte stärker cohäriren, in den aus eben dem Glase derselben verfertigten Haarröhren höher stehen würden, als andere minder stark damit cohärirende.

§. 158. Flüssigkeiten, welche auf dem Glase nicht zerfließen, steigen auch in gläsernen Haarröhren nicht in die Höhe. Es ist also bloß die Kraft der Anziehung zwischen dem Glase und der Flüssigkeit, welche das Aufsteigen derselben in Haarröhren bewirkt (§. 155.), nicht der Druck der Luft, oder eines eingebildeten Aethers.

Petr. van Muschenbroek de tubis capillaribus vitreis, in seinen *diss. phys.-experim.* S. 271. Tentamen theoriae, qua ascensus aquae in tubis capillaribus explicatur, auctore *Ios. Weitbrecht*, in den *Comment. acad. petropolit.* T. VIII. S. 262 *C. B. Funccii* Diss. de ascensu fluidorum in tubis capillaribus, Commentat. I. II. Lips. 1773. 4.

§. 159. Die Höhen, zu welchen einerley Flüssigkeit in Haarröhrchen von verschiedenem Durchmesser und von einerley Glase aufsteigt, verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser der Haarröhren. Denn in einem Haarröhrchen, daß noch einmal so weit ist, als ein anderes, müßte die Flüssigkeit viermal niedriger stehen, weil sie viermal so viel Gewicht hat (§. 155.); da aber das noch einmal so weite Haarröhrchen auch noch einmal so viel Berührungspuncte hat, die Cohäsion von einerley Körper aber den Berührungspuncten proportionirt ist (§. 149.), so müßte die Flüssigkeit deswegen in diesem noch einmal so weiten Haarröhrchen auch noch einmal so hoch steigen, als in dem engern. Die Höhen einer flüssigen Materie in den Haarröhrchen sind solchergestalt in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Diameter und dem umgekehrten der Quadrate der Diameter; sie verhalten sich folglich verkehrt wie die Diameter.

Gesetzt,

Gesetzt, es sey ein Haarröhrchen A, dessen Durchmesser = 1, und ein anderes B, dessen Durchmesser = 2 ist, so sollte, weil das Gewicht die Ursach des verhinderten weitern Aufsteigens der Flüssigkeit in Haarröhren ist, und der Inhalt der Cylinder sich verhält wie das Product aus dem Quadrate der Durchmesser der Grundflächen in die Höhen, um gleiches Gewicht der aufgestiegenen Säule zu haben, die Höhe

1) in A zu der in B seyn = $2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Weil aber die Peripherie von A zu der von B sich verhält wie die Durchmesser; auch ferner die größere Peripherie mehr Berührungspuncte darbietet, und die Cohäsion zwischen einerley Körpern sich verhält wie die Menge der Berührungspuncte: so sollte die Höhe

2) in A zu der in B seyn = 1 : 2.

Wir haben also ein zusammengesetztes Verhältniß, wovon wir die Glieder multipliciren müssen, um ein einfaches zu erhalten. Es ist also die Höhe

in A : B = 4 : 1 (wegen 1)
in A : B = 1 : 2 (wegen 2)

folglich in A : B = 4 : 2 = 2 : 1; dies ist umgekehrt wie die Durchmesser.

§. 160. Wenn man zwey platte, reine Glasstreifen unter einem spitzigen Winkel über einander setzt, und einen Tropfen dünnes Oehl, Wasser oder Weingeist, kurz, eine Flüssigkeit, die mit dem Glase zusammenhängt, und keine merkliche Viscosität hat, so dazwischen bringt, daß der Tropfen beyde Glasplatten berührt, so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach dem Winkel beyder Glasplatten hin bewegen. Eben dies widerfährt auch einem Quecksilbertropfen zwischen zwey regulinischen Zinnplatten.

Wird der Tropfen k (Fig. 18.) zwischen die beyden Platten AC und BC gebracht, die unter dem spitzen Winkel ACB über einander gestellt sind, und mit denen er zusammenhängt, so wird er die Figur defg annehmen müssen. Weil nun der Tropfen k gegen die beyden Platten AC und BC die Kraft der Cohärenz äußert, die Wirkung einer jeden Kraft aber nach der Perpendiculärlinie geschieht (§. 95.), so muß auch der Wassertropfen mit der Kraft km in die obere, und mit der Kraft kn in die untere wirken. Da nun beyde Kräfte einen Winkel mkn einschließen, so wird der Tropfen durch die Diagonallinie kC getrieben werden.

Je näher er aber nach C kommt, desto platter und breiter wird er; folglich desto mehr wird die Menge der Berührungspuncte vermehrt werden. Die Kraft der Cohärenz wird also um so stärker wirken, und daher die Bewegung nach der Direction kC beständig vermehren.

§. 161. Wenn man zwey reine Glastafeln unter einem spitzigen Winkel an einander setzt, und beyde vertical in Wasser oder eine andere Flüssigkeit stellt, die auf dem Glase zerfließt, so wird diese zwischen dem Winkel beyder Platten in die Höhe steigen, und der Rand der aufgestiegenen Flüssigkeit wird eine Hyperbel bilden.

Wenn man zwey Glasplatten ADG (Fig. 19.) und ECB mit der einen Kante A und B so an einander fügt, daß sie mit der vordern DG und EC von einander abstehen, und den spitzen Winkel GBC bilden, so wird, wenn man sie vertical in Wasser hält, dies in dem Winkel in die Höhe steigen, und die Figur imfg annehmen. Denn weil man sich zwischen beyden Platten lauter Haarröhrchen denken kann, die desto enger sind, je näher sie nach AB zu stehen, so wird, nach dem Gesetze der Haarröhren, das Wasser um desto höher steigen, je kleiner der Abstand beyder Platten wird. Durch richtige Ausmessung hat man gefunden, daß gfmi eine Hyperbel sey, deren Asymptoten AB und BC sind. Denn Bp verhält sich zu Bn, wie der Abstand der Glasplatten qp zu on; es ist aber die Höhe mn zu der fp in umgekehrtem Verhältnisse der Abstände der Platten an diesen Orten, oder wie Bp zu Bn. Folglich wird auch $Bp \times fp = Bn \times mn$ seyn, und also die Eigenschaft einer Hyperbel haben.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 1062.

§. 162. Wenn man eine kleine hohle Glaskugel auf das Wasser in einem Trinkglase setzt, so wird sie in der Mitte der Wasserfläche ruhig bleiben. So wie sie aber der Wand des Gefäßes nahe kommt, so wird sie sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach derselben hin bewegen. Eben so bewegt sie sich auch von der Mitte des Wassers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Wasser steckt,

und

und der davon naß wird; und zwey Glaskügelchen bewegen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit gegen einander, wenn sie auf der Mitte des Wassers schwimmen, und einander nahe genug kommen. Auch diese Phänomene folgen aus der Cohäsion bey der unmittelbaren Berührung, und wir brauchen auch dazu keine anziehende Kraft, die in der Entfernung schon wirksam wäre.

Es befinde sich ein hohles Glaskügelchen G (Fig. 20.) auf der Mitte der Wasserfläche ef des Gefäßes ABCD. Es wird, ob es gleich darauf schwimmt, sich doch nach hydrostatischen Gesetzen darein bis zu einer gewissen Tiefe einsenken. Das Wasser, das damit cohärirt, wird daran, wie in g und h, und so rund herum, sich erheben, und einen kleinen Wasserberg um das Kügelchen bilden. Da nun das Wasser in g und h, und so um das Ganze herum, gleich hoch steht, so wird es auch dasselbe nach allen Puncten gleich stark ziehen, und die entgegengesetzten gleich großen Kräfte werden sich wechselseitig aufheben, folglich keine Bewegung hervorbringen.

So wie aber das Kügelchen der Wand des Gefäßes näher kommt, z. B. der Wand A, und sich nun in H befindet, so wird der an der Wand A in e aufgestiegene Wasserberg mit den am Kügelchen auf der Seite in k befindlichen zusammenfließen, und das Wasser wird folglich auf dieser Seite an dem Kügelchen und zwischen der Wand wieder höher steigen. Da nach dem Puncte des Kügelchens zu, der der Wand A am nächsten ist, das aufgestiegene Wasser auf beyden Seiten um desto höher treten muß, weil der Abstand von der Wand da am kleinsten ist, (wie vorher (§ 161.) bey den Glasplatten), so wird, wegen des Zusammenfließens dieser Wasserberge auf beyden Seiten des Kügelchens zunächst der Wand, und des Anhängens des Wassers an das leicht bewegliche Kügelchen, dieses von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel einschließen, und sich nach der Diagonale beyder Richtungen, das ist, nach der Wand zu, bewegen. Je näher das Kügelchen der Wand kommt, desto höher wird das Wasser an ihm und der Wand in die Höhe steigen, weil der Abstand beyder nun immer kleiner wird. Je höher aber das Wasser an der Kugel hinaufsteigt, desto größer wird die Anzahl der Berührungspuncte zwischen ihr und dem Wasser. Da nun solchergestalt die Cohärenz des Wassers von der Seite k stärker wirkt, als auf der Seite l, so wird das Kügelchen sich nach der Seite k bewegen, und zwar um desto schneller, je näher es nach A kommt.

Eben

Eben diese Bewandtniß hat es nun auch, wenn man in der Nähe des Kügelchens den Finger ins Wasser steckt; denn das Wasser wird an diesem auch in die Höhe steigen, wie an der Wand des Gefäßes, und dieselbige Ursach Bewegung des Kügelchens hervorbringen, die es gegen die Wand zu bewegt.

Weil ferner das Wasser stärker mit dem Glase und dem Finger zusammenhängt, als unter sich, so wird das Kügelchen dem Zuge des Fingers folgen, an dem das Wasser gewisser Maaßen, so wie an dem Kügelchen, klebt.

Aus dem Angeführten wird man nun leicht einsehen, warum zwey Kügelchen, die vom Rande des Gefäßes entfernt in die Mitte des Wassers gelegt werden, sich gegen einander bewegen, wenn sie einander nahe genug gekommen sind.

§. 163. Wenn ein Gefäß mit einer Flüssigkeit, die sonst damit cohärirt, übervoll angefüllt wird, so wird sie aus derselben Ursach, warum eine Flüssigkeit für sich allein Tropfen bildet (§. 140.), eine convexe Oberfläche erhalten, die desto mehr der sphärischen Gestalt nahe kommt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Es ist hier ganz so wie mit den Oberflächen der Flüssigkeiten in Gefäßen, die damit nicht cohäriren (§. 152.). Legt man nun ein hohles Glaskügelchen auf ein mit Wasser übervoll gefülltes Glas, so wird es sich von dem convexen Rande weg nach der Mitte zu bewegen.

Gesetzt, es befinde sich ein hohles Glaskügelchen G (Fig. 21.) auf der convexen Fläche AC des Wassers in dem damit übervoll angefüllten Gefäße ABCD, so wird sich, wenn es am Rande A steht, zur Seite l weniger Wasser erheben, als in k, weil der Winkel in k zwischen dem Wasser und dem Kügelchen spitzer ist, als in l. Es wird sich also wegen der stärkern Cohärenz in k nach k zu vom Rande abwärts bewegen, bis sich in der Mitte der Fläche um das Kügelchen herum das Wasser gleich hoch befindet.

§. 164. Wenn eine Flüssigkeit aus einem Gefäße, womit sie stärker cohärirt, als unter sich, und welches keinen nach außen umgelegten Rand hat, in der

der geneigten Lage desselben ausgegossen wird, so läuft sie längs der Wand des Gefäßes auswendig hinab, ohngeachtet sie durch die Schwere nach der senkrechten Richtung herabgetrieben werden sollte. Sie wird nämlich jetzt durch zwey Kräfte zu gleicher Zeit afficirt, die der Cohärenz und der Schwere, und muß eine mittlere Bewegung dadurch erhalten. Flüssigkeiten hingegen, die mit dem Gefäße nicht cohäriren, laufen auch beym Ausgießen in der geneigten Lage des Gefäßes nicht längs der Wand desselben auswendig herab. Im gemeinen Leben giebt man, des erstern Zufalles wegen, den zum Ausgießen der Flüssigkeiten bestimmten Gefäßen entweder einen umgebogenen Rand, oder Einschnitte und Ausgüsse, um dadurch die Richtung oder Menge der Berührungspuncte, und so die Stärke der Cohärenz, zu vermindern.

Beyspiele: Wasser fließt an der Wand eines vollen Trinkglases beym Neigen desselben herab; Quecksilber an der Wand eines zinnernen Gefäßes.

Wasser fließt an der mit Fett bestrichenen und mit Bärlappsaamen bestreuten Wand eines Glases nicht herab. Quecksilber fließt an der Wand einer steinernen Schaale beym Ausgießen nicht herab.

Es sey AB (Fig. 22.) ein mit Wasser gefülltes Glas, das in die geneigte Lage gebracht worden ist, so wird der Tropfen a zwar durch die Schwere in der Direction ac getrieben werden, aber die Cohärenz desselben mit dem Glase wird nach der auf der Wand senkrecht stehenden Wirkung ihn nach der Direction ab zu ziehen; er wird also nach der Richtung der Diagonallinie ae getrieben werden; dies wird von allen nachfolgenden Tropfen gelten, und sie werden, wenn sie unmittelbar hinter einander folgen, einen Wasserstrahl längs der Wand des Gefäßes ae machen. Wenn zu viel Wasser auf einmal ausgegossen wird, so ist das Gewicht des Wasserstrahls viel größer, als die Summe der Cohäsionskräfte in den berührenden Theilen, und dann fällt der Wasserstrahl senkrecht herab. Dies erfolgt auch, wenn das Gefäß horizontal gehalten wird. Alsdann wird die Richtung, nach der die Cohärenz auf das Gefäß wirkt, der der Schwere gerade entgegengesetzt, und das Wasser

muß

muß der Wirkung der größern Kraft folgen. Eben dies ist auch der Fall, wenn der Tropfen in dem Puncte e ist. Er wird nun nach der Direction ed durch die Cohärenz gegen das Gefäß, und nach ef durch die Schwere getrieben; beyde Kräfte sind sich entgegengesetzt; und es kommt nun darauf an, welche Kraft die größeste ist, die bewegende Kraft der Schwere, d. h., das Gewicht des Wassertropfens, oder die Cohärenz desselben mit dem Glase. Ist das erstere, so fällt er herab; ist das letztere, so bleibt er hängen. Wenn der Wasserstrahl sehr geschwind am Glase herunter läuft, so erhält er durch den Fall eine Geschwindigkeit und die Kraft, nach der Direction aei sich fortzubewegen. Da er aber durch die Schwere zu gleicher Zeit, während er nach ei zu gehen fortfahren will, nach ef herabgetrieben wird, so durchläuft er ek, und die Folge wird lehren, daß dies eine parabolische Linie seyn müsse.

§. 165. Wenn aus der Mündung einer engen Röhre, die etwa eine halbe Linie im Durchmesser hat, ein Wasserstrahl senkrecht hervorspringt, und es wird derselbe zur Seite mit einem cylindrischen Körper berührt, der von der Natur ist, daß das Wasser auf ihm zerfließt; so wird er sich um den cylindrischen Körper herum bewegen, und herabfallen. Dies gilt von jeder Flüssigkeit, die mit dem cylindrischen Körper stärker zusammenhängt, als unter sich. Eben so wird auch das Wasser aus einer senkrechten Röhre, die nicht sehr weit, und von der Natur ist, daß das Wasser darauf zerfließt, wenn die Mündung der Röhre schief abgeschnitten ist, nicht in der senkrechten, sondern in einer geneigten Richtung hervorspringen. Diese Wirkung wird weder im ersten, noch im andern Falle erfolgen, wenn die Mündung der Röhre sehr weit ist. Flüssigkeiten, die im ersten Falle nicht mit dem cylindrischen Körper, und im zweyten nicht mit der Materie der Röhre stärker zusammenhängen, als unter sich, werden jene Erscheinungen

nungen nicht zeigen, wenn auch die Mündung der Röhre sehr enge ist.

Es springe (Fig. 23.) das Wasser aus der engen Mündung b der Röhre ab in der senkrechten Richtung bck hervor, und es werde der Wasserstrahl in c mit einem runden gläsernen, metallenen, oder hölzernen Stabe berührt, so wird der Strahl gleich seine Richtung am Berührungspuncte ändern, um den Stab herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, und von e herab in der Richtung ef fallen. Jeder den Stab berührende Tropfen strebt durch die Kraft des Drucks, die ihn nach oben zu treibt (Fig. 24.), nach gk zu gehen; die Cohärenz mit dem Stabe aber macht, daß er senkrecht darauf angezogen wird, also nach der Richtung gc wirkt; er wird daher von zwey Kräften getrieben, gk und gc, und die Diagonale gg durchlaufen. Da aber die Kraft der Cohärenz gc stetig wirkt, so wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tangente gk abgelenkt werden, folglich eine krumme Linie um den Stab herum beschreiben, wo die Cohärenz nach der Richtung gc die Centripetalkraft, und der Sprung in der Linie gk die Tangentialkraft ist. Durch die Wirkung der Schwere wird zwar diese Tangentialkraft beym Hinabsteigen des Strahls auf dem linken Halbkreise befördert, aber auch wieder unten dadurch geschwächt; die Tropfen werden also unten langsamer bewegt werden, wenn sie wieder der Richtung der Schwere entgegen in die Höhe steigen sollen, sich folglich wegen des schnellern Nachfolgens der folgenden anhäufen, und durch das vergrößerte Gewicht die Stärke der Cohärenz gegen den Stab zu überwinden, und solchergestalt herabfallen.

Es sey ad (Fig. 25.) eine enge gläserne Röhre, die in dc eine schiefe Mündung hat, und es werde daraus das Wasser nach der Richtung ef zu springen genöthigt. So wie das Wasser die schiefe Mündung erreicht, so wird es nun noch auf der einen Seite die Kraft der Cohärenz in der Richtung cg äußern können, aber auch nun von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel gef einschließen. Es muß sich folglich nach der Diagonale dk bewegen.

Ist der Wasserstrahl zu stark, so ist die bewegende Kraft desselben zu groß, so daß die Kraft der Cohärenz des Wassers und des Gefäßes in beyden Fällen ganz dagegen verschwindet.

Hamberger elem. phys. §. 168.

§. 166. Aus den bisher vorgetragenen Sätzen von der Kraft der Cohärenz zwischen festen und flüssigen Körpern, und der Erscheinung der Haarröhrchen, läßt

läßt sich nun auch erklären, warum das Wasser und andere Flüssigkeiten in Materien, deren Gewebe zarte Zwischenräume und Röhrchen bildet, und die damit stärker zusammenhängen, als die Theile der Flüssigkeit unter sich thun, z. B. in Löschpapier, Schwamm, Leinwand, Zucker, geballter Asche, Dochten u. dergl., aufsteigt. Ingleichen läßt sich auch daraus das Durchfließen solcher Flüssigkeiten durch allerley Seihewerkzeuge, als Löschpapier, Leinwand, Zwillig, Filz, u. dergl., erklären. Alles, was eine Flüssigkeit hindert, in einer Haarröhre einer Materie aufzusteigen, verhindert auch das Durchfließen durch dergleichen Körper. So fließt Oehl nicht durch Löschpapier, das mit Wasser befeuchtet ist; Quecksilber nicht durch Flor und Leinwand, wenn sein Druck nicht zu groß ist. Endlich so läßt sich auch daraus erklären, warum Salz oder Salzsolutionen in nicht ganz damit vollgefüllten gläsernen Cylindern beym unmerklichen Abdunsten über den Rand des Glases steigen können.

§. 167. Flüssigkeiten, die mit einem festen Körper nicht so stark zusammenhängen, als es ihre Theile unter sich thun, steigen in den aus dem festen Körper gemachten Haarröhren nicht in die Höhe, sondern stehen, wenn man diese letztern darein eintaucht, in dem Haarröhrchen tiefer als auswendig.

Beyspiele: Quecksilber, geschmolzenes Bley, Zinn u. dergl. steht in einem gläsernen Haarröhrchen, das hineingetaucht wird, tiefer, als auswendig umher.

1) Da das Quecksilber mit dem Glase nicht zusammenhängt, so kann es auch in dem daraus verfertigten Haarröhrchen nicht aufsteigen. Aber warum steht es darin tiefer, als auswendig, wenn das Haarröhrchen ins Quecksilber getaucht wird?

wird? Wenn (Fig. 26) das Haarröhrchen ab in das Quecksilber getaucht wird, dessen Oberfläche in gf des Gefäßes CDEF liegt, so sollte das Quecksilber, nach hydrostatischen Grundsätzen, darin so hoch stehen als auswendig; es steht aber darin nur bis zur Höhe kl. Das Quecksilber kann nämlich nicht eher ins Haarröhrchen hineindringen, als bis seine Theile getrennt sind. Da die Theilchen des Quecksilbers auf dem Glase nicht zerfließen, so kann die Cohärenz zwischen Glas und Quecksilber diese Trennung nicht bewirken. Es wird daher ein Druck des umgebenden Quecksilbers nöthig seyn, um diesen Zusammenhang der Theile des Quecksilbers aufzuheben. Es muß also der Druck des Quecksilbers in der Höhe kg oder lf um das Haarröhrchen herum angewendet werden, um die in das Haarröhrchen aufzusteigenden Theilchen des Quecksilbers von einander zu trennen; er kann also nicht auch noch die Wirkung verrichten, das Quecksilber im Haarröhrchen bis zur Höhe gf zu erheben, und es bleibt also nur dasselbe bis zur Höhe kl im Haarröhrchen stehen. Es folgt hieraus, daß immer gleich viel an der Höhe des Quecksilbers im Haarröhrchen fehlen müsse, es mag so tief untergetaucht werden, als es will.

Muschenbroek a. a. O. in den Diss. phys. - experim. S. 303.

2) Je enger das gläserne Haarröhrchen ist, desto tiefer steht das Quecksilber, in welches dasselbe eingetaucht wird, darin, und es verhält sich die Höhe des Quecksilbers außer dem Haarröhrchen über die in demselben umgekehrt, wie die Durchmesser der Haarröhrchen

Ich muß gestehen, daß die Erklärung, welche Hamberger von dieser Erscheinung anführt, (a. a. O. S. 131), mich nicht befriedigt. Ich will daher eine andere versuchen. Man kann sich vorstellen, daß das Quecksilber rund um das Haarröhrchen herum aus lauter Säulen bestehe, die die Grundfläche des Haarröhrchens haben, und die also bey gleicher Höhe mit einander im Gleichgewichte sind. Nach dem in der vorigen Anmerkung Angeführten nun ist zur Trennung der Quecksilbertheilchen, die in das Haarröhrchen aufsteigen sollen, ein Druck nöthig, der durch die über kl (Fig. 26.) liegende Schicht bewirkt wird, die wir die Druck-Schicht nennen wollen, und die wir uns von gleicher Grundfläche mit der im Haarröhrchen befindlichen denken können, und nach hydrostatischen Gesetzen denken müssen. Je kleiner nun der Durchmesser des Haarröhrchens ist, desto kleiner wird die Grundfläche der darein getretenen Quecksilbersäule seyn; folglich desto höher wieder die äußere benachbarte Druck-Schicht von gleicher Grundfläche seyn müssen, um durch einen gleichen Druck das Quecksilber in dem Zusammenhange zu zertheilen, der das Eindringen desselben in das Haarrohr hindert. Ist der Durchmesser des Haarrohrs noch einmal so klein, so ist die Grundfläche viermal kleiner, folglich müßte die Höhe einer auswendigen Druck-Schicht lf, fg, von gleicher Grundfläche, viermal höher seyn, um ein gleiches Gewicht zu haben. Aber bey dem halb so großen Durchmesser wird die

die Peripherie nur halb so groß, folglich auch die Menge der zu trennenden Quecksilbertheile halb so groß seyn; die Trennung des Zusammenhanges der letztern ist aber das Hinderniß des Aufsteigens, folglich müßte hier der Widerstand nur halb so groß seyn, und das Quecksilber müßte durch gleichen Druck noch einmal so hoch hineindringen. Es wären diesemnach die Höhen des Quecksilbers auswendig in einem zusammengesetzten Verhältnisse, nämlich des umgekehrten des Quadrats der Diameter und des geraden der Diameter der Haarröhrchen, folglich verhielten sie sich umgekehrt, wie die Diameter der Haarröhren.

3) Hieraus folgt denn nun, daß, so wie das Wasser zwischen zwey unter einem spitzen Winkel zusammengesetzten Glastafeln, die vertical ins Wasser gestellt werden, aufsteigt, und eine Hyperbel bildet (§. 161.), das Quecksilber zwischen diesen in dasselbe getauchten Glastafeln in der umgekehrten Stellung eine Hyperbel bilden müsse.

Muschenbroek intr. in philos. natural. §. 1062. Tab. XXVI. Fig. 13.

§. 168. Wenn ein leicht beweglicher Körper auf einer Flüssigkeit schwimmt, die daran nicht zerfließt, und die Flüssigkeit in einem Gefäße enthalten ist, das davon naß wird, so wird der Körper vom Rande des Gefäßes mit einer desto größern Geschwindigkeit zurückgehen, je näher er dem Rande gebracht worden ist. Hält man, wenn der Körper in der Mitte ruhig liegt, einen andern Körper, der von der Flüssigkeit naß wird, in der Nähe des schwimmenden Körpers hinein, so wird der letztere sich davon abwärts bewegen.

Beyspiel: Eine mit Fett bestrichene und mit Bärlappsaamen bestreute hohle gläserne Kugel geht auf Wasser in einem Glase von der Wand zurück, gegen die man sie geführt hat. Liegt sie in der Mitte ruhig, und taucht man den Finger in der Nähe derselben hinein, so bewegt sie sich vom Finger abwärts. Die Bewegung eines schweren Körpers auf der schiefen Ebene erklärt hier alles, wenn man zugleich erwägt, daß das Wasser an der Wand des Glases und am Finger höher steht, als weiter abwärts.

§. 169. So wie die verschiedenen ungleichartigen Körper nicht mit gleicher Kraft unter einander zusammenhängen (§. 147.), so zeigen auch die verschie-

schiedenen ungleichartigen Bestandtheile der Körper selbst nicht eine gleich starke Anziehung unter einander; und die Erfahrung lehrt, daß zwey verbundene und zu einem sich gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe dadurch getrennt werden können, wenn ein dritter Stoff dazu gesetzt wird, mit welchem einer von den beyden verbundenen stärker zusammenhängt, als sie unter sich selbst zusammenhängen.

§. 170. Man nehme diesemnach an, daß zu einem aus zwey ungleichartigen Bestandtheilen a und b zusammengesetzten Körper C ein anderer Stoff d gesetzt werde, mit welchem a stärker zusammenhängt als mit b, so wird sich natürlicher Weise a mit d vereinigen, und wenn diese Verbindung nun keine Anziehung mehr mit b hat, so wird b abgeschieden.

Beyspiele: Setzt man zu einer Auflösung (C) aus Weingeiste (a) und Harz (b), Wasser (d), so wird das Harz abgeschieden. Schüttet man zu einer Auflösung des arabischen Gummi in Wasser, Weingeist, so wird das Gummi geschieden. Vermischt man die Auflösung der Kalkerde in Salpetersäure mit feuerbeständigem Alkali, so wird die erstere getrennt. Durch Kupfer trennt man das in Scheidewasser aufgelös'te Quecksilber, durch Eisen das in Scheidewasser aufgelös'te Kupfer.

§. 171. Es wird also hier durch die stärker oder schwächer wirkende Anziehung eine Trennung ungleichartiger Theile (§. 111.) bewirkt, die vorher ein homogenes Ganzes ausmachten, und durch äußere Gewalt nicht getrennt werden konnten, durch die man nur gleichartige Theile von einander absondern kann.

§. 172. Die Wirkung dieser den Stoffen in der Natur beywohnenden Kraft der Anziehung, vermöge

möge welcher sich ungleichartige unter einander stärker oder schwächer anziehen, nennt man die **chemische Verwandtschaft** (Affinitas chemica), und man schreibt demjenigen Stoffe eine **nähere** oder **stärkere** Verwandtschaft mit einem andern zu, als mit einem dritten, der von jenem stärker angezogen wird als von diesem.

§. 173. Man hat mehrere Arten der Verwandtschaften unterschieden, ohngeachtet es immer eine und eben dieselbe Kraft ist, die sie bewirkt, und die sich nur nach der verschiedenen individuellen Natur der Materie stärker oder schwächer, und nach Verschiedenheit der Umstände in gewissen Abänderungen zeigt. Sie lassen sich aber sämmtlich auf drey Arten zurückbringen.

§. 174. Die erste ist **Verwandtschaft der Zusammensetzung** oder die **mischende Verwandtschaft** (Affinitas mixtionis, compositionis, synthetica), wenn zwey oder mehrere ungleichartige Stoffe sich zu einem neuen völlig gleichartigen Ganzen vereinigen.

Beyspiele: Gummi und Wasser,
Zucker und Wasser,
Salz und Wasser,
Wasser und Weingeist,
Oehl und Wachs,
Geschmolzenes Bley und Zinn,
Silber und Scheidewasser,
Kreide und Essig,
Silber und Schwefel,
Silber und Gold,
Silber, Gold und Kupfer &c.

§. 175. Hierher gehört auch die **Aneignung** (Appropriatio), wenn zwey ungleichartige Stoffe, die

keine

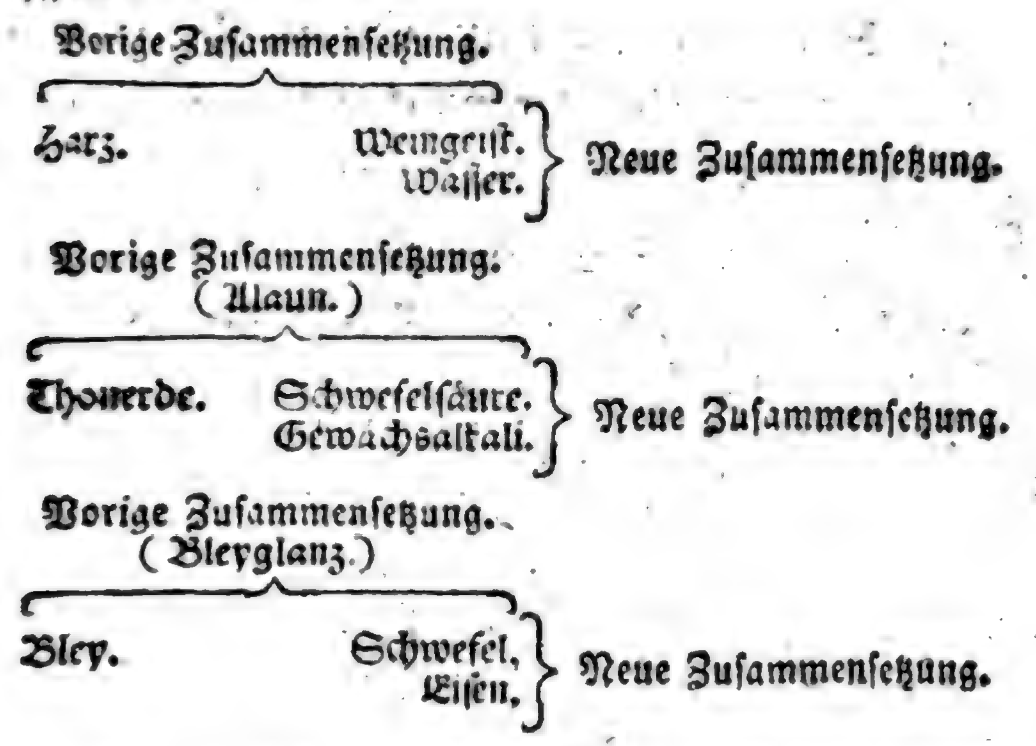
keine zusammensetzende Verwandtschaft gegen einander äußern, durch Hülfe einer dritten Substanz, und mit dieser zusammen, in Verbindung treten, und sich zu einem homogenen Ganzen vereinigen.

Beyspiele: Fettes Oehl, Wasser, Alkali.
Schwefel, Wasser, Alkali.

Eben so wenig, als diese aneignende Verwandtschaft, ist die so genannte vorbereitende als eine eigne Art der Verwandtschaft zu unterscheiden.

§. 176. 2) Die einfache Wahlverwandtschaft (Affinitas electiva simplex) findet Statt, wenn zwey mit einander zu einem gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe durch einen hinzukommenden dritten getrennt werden, der einen von den beyden verbundenen stärker anzieht, als sie sich unter einander anziehen, und wobey der andere abgeschieden wird.

Beyspiele:



§. 177. Bis jetzt kennt man noch kein allgemeines Gesetz, wornach diese Wahlverwandtschaften geschehen; dazu haben wir noch nicht Data genug

gesammelt. — Die Temperatur hat sehr viel Einfluß auf die Grade der Verwandtschaft.

Von den Stufenleitern der einfachen Wahlverwandtschaft.

§. 178. 3) Die dritte Art der Verwandtschaft ist die **mehrfache Wahlverwandtschaft** (Affinitas duplex, multiplex), wobey mehr als Eine neue Verbindung ungleichartiger Stoffe Statt findet, oder wenn zwey mit einander vereinigte Stoffe durch Hinzukunft zweyer andern, (die unter sich verbunden, oder auch einzeln seyn können), vermöge der respectiven Anziehung zu denselben, getrennt werden, und wobey zwey neue Verbindungen entstehen.

Beyspiele:

	Vorige Zusammensetzung. (Glaubersalz.)		
Neue Zusammensetzung. (Gyps.)	Schwefelsäure.	Mineralalkali.	Neue Zusammensetzung. (Kochsalz.)
	Kalkerde.	Salzige Säure.	
	Vorige Zusammensetzung. (Salzigsaure Kalkerde.)		

	Vorige Zusammensetzung. (Pottasche.)		
Neue Zusammensetzung. (Glas.)	Gewächsalkali.	Kohlensäure.	Neue Zusammensetzung. Kohlensaures Gas.
	Kieselerde.	Wärmestoff.	

§. 179. Wenn eine Materie sich mit einer andern specifisch verschiedenen oder ungleichartigen dergestalt vereinigt, daß sie zusammen eine völlig gleichartige Masse ausmachen, in der wir die Theile der einen von den Theilen der andern nicht mehr zu unterscheiden vermögend sind, so nennt man dies eine **Auflösung** (Solutio).

§. 180. Hierbey nennt man gewöhnlich denjenigen von beyden Stoffen, welcher durch seine Flüssig-

keit, oder durch seine Schärfe, oder durch seine Menge vorzüglich wirksam zu seyn, und den andern in seine vermeinten Zwischenräume aufzunehmen scheint, das **Auflösungsmittel** (Solvens, Menstruum); den **andern** aber, der sich mehr leidend zu verhalten scheint, den **aufzulösenden Körper**. Dieser Unterschied ist aber in der Wirklichkeit nicht gegründet, sondern beyde Materien verhalten sich thätig. Um des Sprachgebrauchs willen kann man ihn indessen beybehalten.

§. 181. Bey jeder Auflösung wird nicht bloß der Zusammenhang der Theile des aufzulösenden Körpers aufgehoben, sondern dieser wird so mit dem Auflösungsmittel vereinigt, daß sie nun beyde zusammen eine Masse ausmachen, die sich völlig gleichartig ist, und in welcher man auch mit dem besten Vergrößerungsglase nicht mehr die ungleichartigen Theile, die sich aufgelöset haben, von einander unterscheiden kann. Es muß also nothwendig eine wechselseitige Anziehung zwischen den Theilen des Auflösungsmittels und des aufzulösenden Körpers Statt finden, welche stärker ist, als die zwischen ihren respectiven gleichartigen Theilen selbst; oder die Verwandtschaft der sich auflösenden Körper muß größer seyn, als der Zusamenhang ihrer gleichartigen Theile.

§. 182. Zur vollkommenen Auflösung specifisch verschiedener Materien durch einander gehört, daß darin kein Theil der einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theile der andern von ihr specifisch unter-

schiedenen in derselben Proportion wie die Ganzen vereinigt wäre. Nun ist offenbar, daß, so lange die Theile einer aufgelös'ten Materie noch Klümpchen sind, nicht minder eine Auflösung derselben möglich sey, als die der größern, ja daß diese wirklich so lange fortgehen müsse, wenn die auflösende Kraft bleibt, bis kein Theil mehr da ist, der nicht aus dem Auflösungsmittel und der aufzulösenden Materie in der Proportion, worin beyde zu einander im Ganzen stehen, zusammengesetzt wäre. Weil also in solchem Falle kein Theil von dem Volumen der Auflösung seyn kann, der nicht einen Theil des auflösenden Mittels enthielte, so muß dies als ein Continuum das Volumen ganz erfüllen; eben so, weil kein Theil eben desselben Volums der Solution seyn kann, der nicht einen proportionirlichen Theil der aufgelös'ten Materie enthielte, so muß auch dieser als ein Continuum den ganzen Raum, den das Volumen der Mischung ausmacht, erfüllen. Wenn aber zwey Materien, und zwar jede derselben ganz, einen und denselben Raum erfüllen, so durchdringen sie einander, und also ist eine vollkommene chemische Auflösung eine Durchdringung der Materie, die allerdings eine vollendete Theilung ins Unendliche enthält. Ihre Unbegreiflichkeit ist auf Rechnung der Unbegreiflichkeit der unendlichen Theilbarkeit eines jeden Continuums zu schreiben.

§. 183. Nach den Principien der atomistischen Naturwissenschaft würde es gar keine wahre Auflösung geben, sondern diese wäre doch nur immer Nebeneinanderstellung der kleinsten ungleichartigen

Theile.

Theile. Nach derselben würden überhaupt nur gemengte, nicht gemischte Körper (§. 113.) in der Wirklichkeit Statt finden.

§. 184. Das Volumen zweyer Körper, die sich aufgelös't haben, ist gewöhnlich kleiner, als die Summe ihrer Voluminum vor der Auflösung. Seltener erfüllt das neu entstandene Gemisch ein größeres Volum, als seine Bestandtheile vor der Auflösung hatten. Beydes giebt einen Beweis von der Abänderung, welche die anziehenden und abstoßenden Kräfte der Materien durch die wechselseitige Auflösung erlitten haben.

Beyspiel:

1) Vor der Auflösung erfüllen, bey 60° Fahrenh.:

100 Gr. Alkohol, vom eigenthüml. Gewichte = 0,825, ein Volumen = 100.

100 Gr. Wasser, vom eigenthüml. Gewichte = 1,000, ein Volumen = 82,5.

2) Nach der Auflösung erfüllen, bey gleicher Temperatur:

200 Gr. aus {100 Gr. Alkohol, 100 Gr. Wasser,} vom eigenthümlichen Gewichte = 0,93002, ein Volumen = 177,41.

Also Verminderung des Volums = 5,09.

Io. Dav. Hahn diss. de efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus. L. B. 1751. 4. De densitate mixtorum e metallis et semimetallis factorum, auct. *Christ. Ehreg. Gellert*, in den *comment. acad. petrop.* T. XIII. p. 382., übers. in Crells neuem chem. Archiv B. VI. S. 318. De densitate metallorum secum permixtorum, auct. *Geo. Wolfg. Kraft*, ebendaselbst T. XIV. p. 252., übers. ebendas. S. 323. Versuche und Beobachtungen über die specifische Schwere und die Anziehungskraft verschiedener Salzarten, — von Rich. Kirwan, a. d. Engl. von L. Crell. Berlin und Stettin 1783. kl. 8. Anmerkungen über die Gußprobe auf Zinn und Bley, von Axel Bergenstierna; in den neuen schwed. Abhandl. B. I. 1780. S. 156., übers. in Crells neuesten Entdeckungen, Th. VIII. S. 162. Versuche über die Aenderungen der Dichtigkeiten bey Vermischung von Alkohol und Wasser, von Hrn. Gilpin; in Grens neuem Journ. der Phys. B. II. S. 365. ff. Versuche über die

die Aenderung des Volums und über die Zersprengung der Gefäße, die bey der Krystallisation der Salze Statt hat, von Hrn. Vauquelin, ebendas. B. III. S. 81. ff.

§. 185. Die durch Auflösung entstandene Substanz besitzt andere Eigenschaften und zeigt eine andere Natur, als die einzelnen Stoffe, woraus sie besteht, und ist nun als eine neue, specifisch davon verschiedene, Materie anzusehen.

§. 186. Zwey feste Körper können sich einander nicht auflösen. Die Summe der Cohäsionskräfte ihrer gleichartigen Theile ist größer als die Summe ihrer Verwandtschaften. Schon in der ältern Chemie hatte man daher den Grundsatz: corpora non agunt, nisi fluida. Es muß also erst immer, wenigstens bey Einem Körper, die Cohäsion seiner gleichartigen Theile in einem hohen Grade vermindert, d. h., er muß flüssig gemacht werden, ehe eine Auflösung vor sich gehen kann.

§. 187. Man unterscheidet hiernach **Auflösungen auf nassem Wege** (Solutiones humidae) und **Auflösungen auf trockenem** (Solutiones siccae). Bey jenen ist von den sich auflösenden Substanzen wenigstens Eine schon an und für sich im tropfbar-flüssigen Zustande; bey diesen hingegen sind sie an und für sich fest, und sie müssen erst durch Schmelzen in den Zustand der Flüssigkeit versetzt werden, ehe sie sich auflösen können.

§. 188. Wenn ein flüssiges Auflösungsmittel von einem festen aufzulösenden Körper so viel in sich genommen hat, als es nur davon auflösen kann, so

sagt

sagt man: es sey gesättigt (saturatum). Die Verwandtschaft des erstern gegen die Theile des letztern hat alsdann ihre Gränzen. Sehr oft ist diese Sättigung nach der verschiedenen Temperatur außerordentlich verschieden.

§. 189. Wir merken hier noch den Unterschied zwischen **partieller und totaler Auflösung**. Bey der erstern wird nicht die ganze Materie, sondern nur der eine oder andere Bestandtheil derselben vom flüssigen Auflösungsmittel in sich genommen, mit Zurücklassung der übrigen, gegen die das letztere keine Verwandtschaft hat. So kann also auch die Auflösung zur Scheidung dienen.

Ein Beyspiel giebt die Scheidung des Goldes vom Silber durch die Quart.

§. 190. Wenn hierbey der abgeschiedene Stoff, er sey einfach oder zusammengesetzt, bey der Temperatur, wobey wir leben, die Aggregation der elastischen Flüssigkeit annimmt, oder luftförmig wird, so geht dann die Auflösung mit Geräusch und Aufschäumen vor sich, das man das **Aufbrausen** (Effervescentia) nennt.

§. 191. Wenn der abgeschiedene Körper aus der Auflösung als ein fester Körper zum Vorscheine kommt, so nennt man es **Niederschlagung**, oder **Fällung** (Praecipitatio); der auf diese Art abgeschiedene Stoff heißt ein **Niederschlag** (Praecipitatum), und der Körper, der wegen seiner nähern Verwandtschaft den Niederschlag bewirkt, das **Fällungs-** oder **Niederschlagungsmittel** (Praecipitans).

§. 192. Die Niederschlagungen geschehen bald durch einfache Wahlverwandtschaft, entweder so, daß das Auflösungsmittel mit dem Fällungsmittel näher verwandt ist, als mit dem aufgelös'ten Körper, und deshalb mit jenem zusammentritt und diesen fahren läßt; oder so, daß der aufgelös'te Körper gegen das Fällungsmittel mehr Verwandtschaft hat, als gegen sein voriges Auflösungsmittel, und damit ein im letztern unauflösliches Product bildet: bald durch eine doppelte Wahlverwandtschaft.

§. 193. Diesemnach sind die erhaltenen Niederschläge aus einer und derselbigen Auflösung verschieden, und man kann daher nach der Wahl des Fällungsmittels einen Körper aus einerley Auflösungsmittel unter sehr mannichfaltigen Gestalten niederschlagen.

§. 194. Die Niederschlagungen unterscheidet man übrigens auch, wie die Auflösungen (§. 187.), in Niederschlagungen auf **nassem Wege**, und Niederschlagungen auf **trocknem Wege**.

§. 195. Alle Niederschlagungen geschehen durch Wahlverwandtschaften, und es giebt im eigentlichen Sinne keine so genannte **freywillige Niederschlagungen** (Praecipitationes spontaneae, spuriae). Das wären Wirkungen ohne Ursach.

* * *

Torb. Bergmann de attractionibus electivis; in seinen *opusc. phys. chemicis.* Vol. III. S. 291. ff. Des Herrn Guyton Morveau's allgemeine theoretische und practische Grundsätze der chemischen Affinität oder Wahlanziehung. A. dem Franz. von Dav. Jos. Veit, herausgegeben von Sig. Fr. Hermbstädt. Berlin 1794. 8. Greus systematisches Handb. der Chemie. Th. IV. S. 144. ff.

Drit=

Drittes Hauptstück.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen.

§. 196.

Jeder Körper, welcher unterstützt ist, drückt auf die Unterlage, welche ihn unterstützt, und fällt oder bewegt sich, wenn die Unterstützung weggenommen wird, in einer geraden linie nach der Erde zu, ohne daß wir eine äußere Ursach dabey wahrnehmen, welche diese Bewegung hervorbrächte.

§. 197. Diese Richtung zeigt einen Faden an, woran ein Körper frey herabhängt. Eine linie in dieser Richtung heißt eine lothrechte, senkrechte oder **verticale Linie** (Linea verticalis). Eine Ebene, worauf sie senkrecht ist, heißt eine **wasserrechte** oder **Horizontalebene** (Planum horizontale); und eine gerade linie in dieser Ebene gezogen, eine **wasserrechte** oder **Horizontallinie** (Linea horizontalis).

§. 198. Dieses Bestreben der Körper, in senkrechter linie gegen den Horizont sich von selbst zu bewegen, wenn sie nicht unterstützt sind, oder nach eben der linie die Unterlage, worauf sie ruhen, zu drücken, heißt die **Schwere** (Gravitas).

§. 199. Da auf der Oberfläche einer Kugel keine andere linie senkrecht steht, als diejenige, welche verlängert durch den Mittelpunct der Kugel geht, so müßte auch, wenn die Erde eine kugelrunde Gestalt hätte,

die

die Directionslinie der fallenden Körper verlängert gegen den Mittelpunct der Erde gehen. Da aber die Erde eigentlich keine Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch ihr Centrum, in der Praxis aber können wir ohne merklichen Fehler hier die Erde als eine vollkommene Kugel, und wegen der großen Entfernung des Centrums derselben von der Oberfläche die Directionslinien der Schwere benachbarter Körper auch als parallel ansehen.

§. 200. Die Schwere ist eine **stetig wirkende** Kraft; denn wir nehmen ihre Wirkung, Druck und Fall der Körper, in jedem Augenblicke der Beobachtung und ununterbrochen wahr.

§. 201. Die Schwere ist eine Eigenschaft aller irdischen Körper, und durch sie wird erst die Verbindung derselben unter einander zu unserm Erdballe möglich. Durch sie sind aber auch große Weltkörper selbst zu einem Systeme verbunden.

§. 202. Die Erfahrung lehrt, daß die Schwere an einem und demselbigen Orte in einem Körper immer dieselbige, und eben so, daß ihre Richtung an einem und demselbigen Orte unveränderlich ist.

§. 203. Die Wirkungen der Schwere erfolgen so, wie sie durch die Wirkungen einer anziehenden Kraft des Erdkörpers gegen die einzelnen irdischen Körper erfolgen würden. Auch lehren die Beobachtungen der Astronomie, daß die Wirkung der allgemeinen Gravitation sich umgekehrt verhält wie das

Qua-

Quadrat der Entfernung der Mittelpuncte der gegen einander gravitirenden Weltkörper.

§. 204. In so fern die bisher betrachteten Wirkungen der Cohäsion und der Wahlverwandtschaften von der anziehenden Kraft abhängen, die ursprünglich die Materie constituiren hilft, scheint es doch, daß wir die Schwerkraft, da sie nach ganz andern Gesetzen wirkt, nicht für identisch mit dieser ursprünglichen Grundkraft der Materie halten können. Die in der Entfernung wirkende Kraft der Schwere ist keine nothwendige, mit dem Begriffe der Materie unzertrennlich verknüpfte, Eigenschaft; ja, die Erscheinungen einiger Materien berechtigen uns, sie für völlig **schwerlos** zu halten.

§. 205. In Ansehung der Ursach dieser Kraft haben sich die Weltweisen von je her sehr viel gestritten, und haben gar nichts gewonnen. Alle diejenigen, welche die Schwere von den Wirkungen einer andern subtilen Materie ableiten, wie **Cartes**, **Huygens**, **Bülfinger**, **Kratzenstein**, le **Sage**, können bey allen mechanischen Erklärungsarten, von der Art und Weise der Bewegung dieser Materie, uns nicht befriedigen; und immer bleibt, außer andern Schwierigkeiten, dabey noch die Frage übrig: woher hat diese **schwermachende Materie** ihre Kraft? Wir müssen eingestehen, daß wir von der Schwere an sich, als Ursach des Phänomens der Gravitation, gar nichts wissen. Wir sehen hier nur das Phänomen, und die Ursach davon liegt außer unserer Erfahrung.

Cartesii princip. philos. L. IV. prop. 19, 20. ff. *Christ. Hugenii* diss. de caussa gravitatis; in seinen *operibus reliq.* T.

T. I. S. 91. ff. De caussa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis, auct. Geo. Bernh. *Bülfinger*, Paris. 1728. 4. Kratzensteins Vorlesungen über die Experimentalphysik. S. 60. Lucrèce newtonien, par Mr. *le Sage*, in den Mém. de l' acad. roy. des sc. de Berlin, année 1782. S. 404. ff.

§. 206. Die Erfahrung lehrt uns, daß verschiedene ungleichartige Körper von einerley Umfang nicht gleich stark nach der Richtung der Schwere drücken. Die Größe dieses Drucks, den ein Körper äußert, heißt sein **Gewicht** (Pondus). Gewicht und Schwere müssen nicht mit einander verwechselt werden. Schwere ist die **beschleunigende Kraft** (§. 80.), in so fern sie auf jeden Theil der schweren Masse wirkt; **Gewicht** aber ist die **bewegende Kraft** dieser schweren Masse, oder das Product aus der beschleunigenden Kraft der Schwere durch die Quantität der davon afficirten Materie, oder durch die schwere Masse (§. 80.). Hieraus folgt denn, daß die beschleunigende Kraft der Schwere einer Masse gleich sey dem Gewichte derselben dividirt durch die schwere Masse.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der Schwere f und die Quantität der davon afficirten Materie M nennen, so ist das Gewicht der letztern, oder $P = f \cdot M$, und $P : p = f \cdot M : f \cdot m$. Ferner ist $f = \frac{P}{M}$.

In so fern die Schwere eine stetige Kraft ist, und eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt, und in so fern alle Theile einer Masse von der Schwere afficirt werden, lassen sich auch für die Beschleunigung schwerer Massen folgende Sätze annehmen:

1) Das Product aus dem Gewichte (P, p) durch die Zeit (T, t) ist gleich dem Producte der Masse (M, m) aus der Geschwindigkeit (C, c), oder $PT = MC$, und $PT : pt = MC : mc$.

2) Die Gewichte mit den Quadraten der Zeiten multiplicirt sind gleich den Massen mit den durchlaufenen Räumen (S, s) multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$.

3)

3) Die Gewichte mit den Räumen multiplicirt sind gleich den Massen mit den Quadraten der Geschwindigkeiten multiplicirt, oder $PS = MC^2$, und $PS : ps = MC^2 : mc^2$.

§. 207. Da die Schwere allen gleichartigen Theilen eines schweren Körpers eingepflanzt ist, so kann die beschleunigende Kraft an und für sich weder vermehrt, noch vermindert werden, die Theile mögen vereinigt oder von einander getrennt seyn; das Gewicht hingegen ändert sich nach dem Unterschiede der Quantität der schweren Materie, woraus der Körper besteht.

Wenn wir die Quantität aller von der beschleunigenden Kraft der Schwere (f) afficirten Theile eines Körpers M nennen, und annehmen, daß ein Antheil m von dieser Masse weggenommen wird, so wird das übrige Gewicht $p = f.(M - m)$ kleiner seyn, als vorher P oder $f.M$ war; die beschleunigende Kraft aber wird immer dieselbige bleiben, denn $\frac{f.(M - m)}{M - m} = \frac{f.M}{M}$.

§. 208. Wenn alle Materie schwer wäre, so wären wir berechtigt, anzunehmen, daß die Körper, welche mehr Gewicht haben, auch mehr Materie enthielten, oder dichter wären (§. 53.), und umgekehrt; und Masse (§. 49.) und Gewicht wären daher gleichbedeutend. Wenn es aber nicht schwere Materien giebt, so können dichtere Körper nur in so fern Körper schwererer Art, schwerartigere Körper (Corpora specifice graviora), und lockere, Körper leichterer Art, leichtartigere Körper (Corpora specifice leviora) genannt werden, in wie fern jene bey einerley Volum mehr, diese aber weniger schwere Materie enthalten. Das Gewicht zeigt also nicht die Quantität der Materie, sondern nur die Quantität der von der Schwere afficirten Materie an (§. 53.).

§. 209.

§. 209. Das Gewicht eines Körpers an sich, oder die Ponderosität desselben, (wenn ich so sagen darf), läßt sich nicht bestimmen, sondern nur die Verhältnisse des Gewichts der Körper; und man muß daher, um anzugeben, welcher Körper schwererer und welcher leichterer Art sey, das Gewicht eines andern Körpers zur Einheit machen. Im bürgerlichen Leben nennt man die zur Einheit angenommene Größe des Drucks eines Körpers selbst **Gewichte**, z. B. ein Centner, ein Pfund, ein Loth, u. dergl. Der Druck eines schweren Körpers gegen das, was ihn unterstützt, überhaupt betrachtet, ohne Rücksicht auf das Volum des Körpers, heißt sein **absolutes Gewicht** (Pondus absolutum).

§. 210. Wenn man zwey Körper in Ansehung ihres absoluten Gewichts gegen einander vergleicht, und ein gewisses bestimmtes Volum zum Grunde der Vergleichung setzt, oder ihre Volumina bey gleichem absoluten Gewichte mit einander vergleicht; so erhält man den Begriff von dem **eigenthümlichen Gewichte** (Pondus specificum), oder der **eigenthümlichen Schwere** (Gravitas specifica). Das eigenthümliche Gewicht eines Körpers bezeichnet also das Verhältniß der Quantität der schweren Materie eines Körpers zu einem andern, die in gleich großen Inbegriffen enthalten sind.

§. 211. Es fließen hieraus die Regeln:

1) **Körper von einerley Volum verhalten sich in ihrem eigenthümlichen Gewichte wie ihre absoluten Gewichte.**

Nen-

Nennen wir die Volumina zweyer Körper V, v, ihre absoluten Gewichte P, p, und das specifische Gewicht Z, z, und nehmen wir V = v, so ist Z : z = P : p.

2) **Körper von einerley absolutem Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte umgekehrt wie ihre Volumina.**

Wenn P = p, so ist Z : z = v : V.

3) Körper von ungleichem Volum und ungleichem absoluten Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte wie die Quotienten des absoluten Gewichts durch die Volumina.

Es ist überhaupt $Z : z = Pv : pV = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$

Freyer Fall schwerer Körper.

§. 212. Da die Schwere ununterbrochen und stetig auf die Körper wirkt, so viel wir aus Erfahrung wahrnehmen können (§. 200.), so kann auch die Bewegung, welche ein Körper durch die Schwere bey dem Falle erlangt, keine gleichförmige Bewegung seyn (§. 72.), sondern der fallende Körper muß zu der erhaltenen Geschwindigkeit in jedem unendlich kleinen Zeittheile einen Zusatz erhalten, und folglich mit einer in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beschleunigten Bewegung (§. 72.) fallen.

§. 213. Es lassen sich also die oben (§. 74 — 79.) angeführten Sätze von der gleichförmig beschleunigten Bewegung der Körper auf den Fall der schweren Körper anwenden. Es folgt aus dieser Anwendung: 1) **daß die Räume, welche ein schwerer Körper bey seinem freyen Falle in gleichen auf einander folgenden Zeitelementen zurücklegt, sich verhalten**

halten wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, u. s. f. (§. 78.); 2) daß sich die Räume, welche ein schwerer Körper vom Anfange seiner Bewegung an, durch den freyen Fall zurücklegt, wie die Quadrate der Zeiten, oder der am Ende des Falls erlangten Geschwindigkeiten (§. 79.), und 3) daß die Geschwindigkeiten am Ende des Fallens sich wie die Quadratwurzeln der Räume verhalten.

Denn weil $S : s = T^2 : t^2$ (nach 2) und $T : t = C : c$, so muß auch $C^2 : c^2 = S : s$, und folglich $C : c = \sqrt{S} : \sqrt{s}$ seyn. Galilei hat diese Gesetze des freyen Falles schwerer Körper zuerst entdeckt, die Theorie hiervon entworfen, und durch Versuche mit dem Falle auf der schiefen Ebene zu bestätigen gesucht. M. s. dessen *Dialogus de motu locali.* L. B. 1699. 4.

Riccioli suchte die Wahrheit der galileischen Sätze mit seinem Gehülfen Grimaldi durch unmittelbare Versuche zu bestätigen. (M. s. *Riccioli* almagestum novum, L. II. Cap. 21. Pr. 24.) Er ließ Kugeln aus Kreide, die 8 Unzen wogen, durch genau gemessene Höhen bey einem genauen Zeitmaaße durch ein Pendul fallen, und er fand

in	0	Sec.	50	Tertien	10	Fuß (röm.)	Fallhöhe.
	1	ſ	40	ſ	40	ſ	
	2	ſ	30	ſ	90	ſ	
	3	ſ	20	ſ	160	ſ	
	4	ſ	10	ſ	250	ſ	
Ferner							
in	1	Sec.	ſ	ſ	15	ſ	
	2	ſ	ſ	ſ	60	ſ	
	3	ſ	ſ	ſ	135	ſ	
	4	ſ	ſ	ſ	240	ſ	

Aber diese Resultate treffen ohngeachtet des Widerstandes der Luft, auf welchen doch in der Theorie selbst keine Rücksicht genommen worden ist, so genau mit dieser selbst zusammen, daß schon deshalb mit Recht Mißtrauen in die Zuverlässigkeit der Beobachtung gesetzt werden kann.

Die vollkommenste Ueberzeugung gewähren die, mittelbarer Weise durchs Pendul angestellten, Versuche, die in der Folge vorkommen werden.

§. 214. Da die Directionslinie der fallenden Körper auf die Erdkugel senkrecht steht (§. 199.), so

so kann auch der Raum, den ein Körper bey dem Fallen durchläuft, durch die Perpendiculärlinie gemessen werden, welche durch den Mittelpunct der Erdkugel geht. Diese Perpendiculärlinie nennt man auch die Höhe der fallenden Körper. Sie ist daher der Raum, welchen ein fallender Körper durchläuft. Da sich bey dem Fallen der Körper die Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten oder der Geschwindigkeiten (§. 213.), so werden sich auch die Höhen so verhalten müssen. Wenn daher ein Körper in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe gefallen ist, so wird er in zwey Secunden viermal, in drey Secunden neunmal so tief gefallen seyn.

§. 215. Die Erfahrung lehrt, daß ein schwerer Körper bey seinem Falle in unsern Gegenden in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 paris. Fuß oder 2173,63 paris. Linien, oder 15,625 rheinländischen Fuß = 15625 Tausendtheilchen eines rheinländischen Fußes durchlaufe.

Diese Fallhöhe in der zur Zeiteinheit genommenen Zeitsecunde hat Huygens mittelbarer Weise durchs Pendul bestimmt. (Horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol. P. IV. pr. 26.)

Die Quadratwurzel von 15625 ist 125.

§. 216. An einerley Ort sind die beschleunigenden Kräfte bey dem freyen Falle der schweren Körper einerley, ihre schwere Masse mag seyn wie sie will. Die Masse der fallenden Körper kann hier gar nichts zu ihrer Geschwindigkeit bey dem freyen Falle beytragen, wie es wohl sonst scheinen möchte. Nur bey dem Falle in einem widerstandleistenden Mittel, z. B. in Luft, Wasser, u. dergl., wird freylich der

Körper, der bey gleicher Geschwindigkeit weniger Masse, und also weniger Gewalt hat, einerley Widerstand mit der geringen Kraft nicht überwinden, den ein anderer mit größerer Kraft überwindet. Ein jeder wird hingegen zugeben, daß in einem freyen Mittel mehrere gleichartige Theile eines Körpers mit gleicher Geschwindigkeit fallen. Warum sollten sie es aber nicht thun, wenn sie einzeln, und nicht zusammen verbunden wären? Alle Körper, große und kleine, leichte und schwere, fallen also, ohne Einfluß ihrer Masse, im freyen Mittel, gleich geschwind.

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 206.) Angeführten; und es ist $f = F$, weil $\frac{P}{M} = \frac{p}{m}$ oder $\frac{f \cdot M}{M} = \frac{f \cdot m}{m}$.

Aber nur für einerley Ort findet dieser Satz Statt, weil f oder die beschleunigende Kraft selbst nach dem Aequator zu ab-, und nach den Polen hin zunimmt, wie nachher bemerkt werden wird.

§. 217. Da sich die Lehre von der gleichförmig beschleunigten Bewegung auf den freyen Fall der Körper anwenden läßt, so folgt auch, daß ein schwerer Körper, der durch den Fall einen gewissen Raum von seiner Ruhe an durchläuft, nach Verlauf eines Zeittheils eine Endgeschwindigkeit erlangt, mit der er, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, in der eben so großen Zeit den doppelt so großen Raum gleichförmig zurücklegen würde.

§. 218. Da sich die Endgeschwindigkeiten schwerer fallender Körper verhalten wie die Quadratwurzeln der Räume (§. 213. 3.) oder der Höhen, so werden die Räume, welche die fallenden Körper vermittelst der Endgeschwindigkeiten in der Zeiteinheit

für

für sich selbst ohne Schwere zurücklegen würden, die man auch die zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten nennt, sich wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen verhalten.

Wenn ein Körper in einer Zeitsecunde 15,625 F. durchläuft, so wird er am Ende dieser Zeit eine Geschwindigkeit haben, daß er in eben dieser Zeiteinheit einen Raum von 2 . 15,625 = 31,250 Fuß für sich selbst, ohne Schwere zurücklegen würde, oder die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit wird 31,250 Fuß seyn. Wenn nun ein anderer Körper 3 Secunden lang fällt, so wird, (nach §. 213. 1.), seine Fallhöhe 9 . 15,625 = 140,625 Fuß seyn; am Ende dieser dritten Secunde wird die zu seiner Fallhöhe für die Zeiteinheit gehörige Geschwindigkeit $= \frac{2 \cdot 140{,}625}{3} = 93{,}750$ Fuß seyn, oder er würde in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, den Raum von 93,75 Fuß, und in 3 Secunden den Raum von 3 . 93,750 = 2 . 140,625 = 281,25 Fuß gleichförmig zurücklegen. Es verhält sich aber 31,250 : 93,750 = $2\sqrt{15625} : 2\sqrt{140625}$ = 2 . 125 : 2 . 375 = 25 : 75 = 1 : 3, = 1 . 31,250 : 3 . 31,250 = 31,250 : 93,750, also wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen.

§. 219. Man findet also die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum des Raumes, den der Körper nach der Zeiteinheit zurückgelegt hat, mit der Anzahl der verflossenen Zeiteinheiten multiplicirt.

Wenn ein Körper in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, 15,625 Fuß fällt, so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit 31,250 Fuß, und wenn er drey Zeiteinheiten, oder drey Secunden fällt, so ist diese 93,75 = 3 . 31,250 Fuß.

§. 220. Hieraus fließt ferner die kurze Regel zur Bestimmung der zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten, d. h., der Räume, welche die Körper nach dem Falle aus einer gewissen Höhe in der Zeiteinheit gleichförmig zurücklegen würden, wenn die Schwere nicht weiter auf sie wirkte: Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeit-

 einheit

einheit beschriebenen Raume, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel; diese doppelt genommen, ist die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit.

Wenn wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V und die Höhe S nennen, und eine Secunde zur Zeiteinheit nehmen, so ist

$$V = 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, S)} = 250 \,.\, \sqrt{S}.$$

Wenn ein Körper 1000 rheinländische Fuß hoch herabfiele, so würde die dazu gehörige Geschwindigkeit am Ende des Falles in der Zeiteinheit, oder Einer Secunde, seyn $= 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, 1000)} = 2 \,.\, 125 = 250$ Fuß.

Wenn also ein Körper eine Secunde lang, oder 15,625 Fuß hoch, und ein anderer 1000 Fuß hoch herabfällt, so verhalten sich die zu diesen Fallhöhen gehörigen Geschwindigkeiten, $V : v = 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, 15{,}625)} : 2\sqrt{(15{,}625 \,.\, 1000)} = 2 \,.\, 15{,}625 : 2 \,.\, \sqrt{15625} = 2 \,.\, 15{,}625 : 2 \,.\, 125 = 31{,}250 : 250 = 1 : 8$; oder es ist $V : v = 250 \,.\, \sqrt{15{,}625} : 250 \,.\, \sqrt{1000} = 250 \,.\, 125 : 250 \,.\, 1000 = 1 : 8$.

§. 221. Da die Größe der Bewegung eines durch eine stetige Kraft getriebenen Körpers wächst, so wie die Geschwindigkeit zunimmt, und die Gewalt oder die Größe des Widerstandes aus Masse und Geschwindigkeit zusammen ermessen werden muß; so ist leicht einzusehen, daß die Gewalt fallender Körper während des Fallens beständig zunehmen, und sich überhaupt bey gleichen Massen wie die Endgeschwindigkeit oder die Quadratwurzeln der Höhe verhalten muß. Ein Körper, der viermal so hoch herabfällt, wird also noch einmal so viel Gewalt haben, als ein anderer von eben dem Gewichte, und wenn er neunmal so hoch herabfällt, dreymal so viel Gewalt.

Gesetzt, ein Körper fällt 15,625 Fuß hoch herab, und ein anderer von eben dem Gewichte fällt 62,5 Fuß, so verhalten sich ihre Höhen wie 1 : 4, und ihre Endgeschwindigkeiten wie $\sqrt{15{,}625} : \sqrt{62{,}5} = \sqrt{15625} : \sqrt{62500} = 125 : 250 = 1 : 2$, folglich wie die $\sqrt{1} : \sqrt{4}$; oder wie die Quadratwurzeln der Höhen. Da sich nun die Gewalt verhält wie die Endgeschwindigkeit, so wird sie sich auch wie die

die Quadratwurzel der Höhe verhalten müssen, wenn die Gewichte oder die schweren Massen gleich sind.

§. 222. Wenn zwey Körper von verschiedenen Höhen fallen, deren Endgeschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten wie die schweren Massen, so haben sie gleiche Gewalt.

Ein Gewicht von 3 Pf., das aus einer Höhe von 15,625 Fuß fällt, hat nicht mehr Gewalt als ein Gewicht von 1 Pf., das aus der Höhe von 140,625 Fuß fällt. Denn es sind hier Geschwindigkeit und Massen einander umgekehrt proportional, oder die Producte daraus sind gleich. Es ist nämlich die Endgeschwindigkeit von 3 Pf. $= \sqrt{15625} = 125$, und die von 1 Pf. $= \sqrt{140625} = 375$. Sie verhalten sich also wie $125 : 375 = 1 : 3$. Da nun die Größen der Bewegung gleich sind, wenn die Producte aus den Geschwindigkeiten in die Massen gleich sind, so ist auch hier gleiche Größe der Bewegung, weil $3 . 1 = 1 . 3$.

§. 223. Aus den allgemeinen Gesetzen der Beschleunigung schwerer fallender Körper (§. 213.) und dem Erfahrungssatze im §. 215. läßt sich leicht finden: 1) wie groß der Raum ist, den ein Körper in einer jeden gegebenen Secunde seines Falles durchfällt; 2) wie groß die Höhe ist, von der er herabgefallen ist, wenn die Zeit seines Falles bestimmt worden ist; und endlich 3) wie viel Zeit er gebraucht habe, wenn die Höhe gegeben ist.

Wenn wir die Zeit des Falles T, die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V, und die Fallhöhe S nennen, so dienen folgende Formeln bequem zur Auflösung der Aufgabe, wobey der Werth der Fallhöhe in Tausendtheilchen des rheinl. Fußes, die Zeit in Secunden genommen oder gefunden wird:

1) $T = \frac{\sqrt{S}}{125} = \sqrt{\frac{S}{15625}}$.

2) $V = 250 . \sqrt{S} = 2 . \sqrt{(15625 . S)} = 2 . (125)^2 . T$ (§. 218. 220.).

3) $S = 125^2 . T^2 = \frac{V^2}{250^2}$.

Wenn durch die Erde hindurch ein Loch ginge, das gerade durch den Mittelpunct der Erde träfe, und die beschleunigende Kraft der Schwere bliebe gleichförmig und es wäre kein Widerstand der Luft u. dergl. da; so würde ein

ein schwerer Körper, der durch dieses Loch durchfiele, wenn wir den Halbmesser der Erde 19615800 paris. Fuß annehmen, in $\sqrt{\frac{196\,5800}{15,094662}}$ oder nahe 1140 Secunden oder 19 Minuten den Mittelpunct der Erde erreichen; aber er würde, nach §. 226, hier nicht stehen bleiben, sondern durch die in dieser Fallhöhe erlangte Geschwindigkeit auf der andern Seite eben so hoch in die Höhe steigen, und von da wieder bis ganz herauf zurückgehen, und dies beständig so fort.

§. 224. Je länger der Fall eines Körpers dauert, je mehr nähert sich seine Bewegung der Gleichförmigkeit.

§. 225. Wenn ein Körper durch irgend eine Kraft in lothrechter Richtung in die Höhe getrieben wird, so wirkt die Schwere seiner Bewegung entgegen. Zwey einander entgegengesetzte Kräfte aber vernichten sich; und wenn daher die Kraft, welche den Körper in die Höhe treibt, so groß ist, als die bewegende Kraft der Schwere, so kann gar keine Bewegung erfolgen. Wird er aber durch eine größere Kraft mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Höhe getrieben, so nimmt, weil die Schwere als eine stetige Kraft fortdauernd wirkt, seine Geschwindigkeit eben so rückwärts ab, wie sie von der zu der Geschwindigkeit des Wurfs gehörigen Höhe würde zugenommen haben. Der Körper steigt also mit einer gleichförmig verminderten Bewegung (§. 72.) in die Höhe, und seine Geschwindigkeit oder die Räume, welche er in gleichen Zeiten zurücklegt, verhalten sich wie die ungeraden Zahlen 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1.

§. 226. Ein Körper also, der durch eine Kraft lothrecht in die Höhe getrieben wird, steigt wegen der Schwere nur zu derjenigen Höhe hinauf, aus welcher

cher er bey dem Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen könnte, mit welcher er anfangs geworfen wurde.

§. 227. Bey der gleichförmig verminderten Bewegung gelten dieselbigen Gesetze, wie bey der gleichförmig beschleunigten. Wenn daher der Raum bekannt ist, den ein Körper in der ersten Secunde seines senkrechten Aufsteigens der Schwere entgegen zurücklegt, so läßt sich bestimmen: 1) die Geschwindigkeit, mit der er geworfen wird; 2) die Zeit, die er braucht, um seine ganze Wurfsgeschwindigkeit zu verlieren; und 3) die Höhe, zu der er aufsteigt, ehe er seine ganze Geschwindigkeit verliert.

Gesetzt, ein Körper steigt in der ersten Zeitsecunde seines lothrechten Wurfs 9 . 15,625 Fuß = 140,625 Fuß hoch auf, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und 5^2 . 15,625 = 390,625 Fuß hoch steigen. Denn

in der 1sten Secunde steigt er	9mal	15,625 F.	=	140,625 F.
2ten „ „ „	7 „	15,625 „	=	109,375 „
3ten „ „ „	5 „	15,625 „	=	78,125 „
4ten „ „ „	3 „	15,625 „	=	46,875 „
5ten „ „ „	1 „	15,625 „	=	15,625 „
folgl. in 5 Secunden „	25mal	15,625 „	=	390,625 „

Fall auf der schiefen Ebene.

§. 228. Auf einer festen wagerechten Ebene liegt ein schwerer Körper völlig ruhig, wenn diese Ebene die Directionslinie des Falles seiner Masse lothrecht unterstützt. Eine Ebene aber, welche mit einer Horizontalebene einen schiefen Winkel macht, und eine **schiefe, geneigte** oder **inclinirte Ebene** (Planum inclinatum) genannt wird, hält nur einen Theil dieses Druckes auf, ein anderer Theil treibt den Körper längs der Ebene herab.

Eine

Eine Kugel rollt auf einem schiefen Brete herab; ein Würfel glitscht darauf herab. Nöthige Erinnerung wegen der Friction.

Es sey CB (Fig. 29.) eine geneigte Ebene im Durchschnitte, die unter dem Winkel CBA gegen den Horizont AB geneigt ist. CA ist ihre Höhe, und CB ihre Länge. Auf dieser geneigten Ebene befinde sich eine schwere Kugel M, in deren Mittelpuncte f wir uns ihre Schwere vereinigt denken können. Die Directionslinie des Falles ist nun fc, und weil diese nicht von der Ebene CB unterstützt wird, so muß die Kugel herabfallen; aber nicht mit der ganzen bewegenden Kraft, sondern nur mit einem Theile derselben, wie aus der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) folgt. Die Kraft der Schwere, die in der Direction fc wirkt, läßt sich zerlegen in die Kräfte fg und fb; und fc ist die Diagonale des Parallelogramms, das auf die Seitenkräfte fb und fg aufgesetzt ist. fg steht senkrecht auf CB, und kann also, weil CB vollkommen widerstehend angenommen wird, keine Bewegung der Kugel M hervorbringen; es bleibt folglich nur der Theil fb übrig, der, weil er parallel mit der Ebene CB läuft, von der Ebene keinen Widerstand erleidet, und folglich die Kugel längs der Ebene herabzugehen nöthigt.

§. 229. Je größer die Neigung der schiefen Ebene gegen die Horizontalebene wird, um desto mehr wird der Körper von ihr unterstützt, mit desto geringerer Gewalt fällt folglich der Körper auf ihr herab. Je kleiner aber ihre Neigung gegen den Horizont wird, mit desto größerer Gewalt wird der Körper von ihr herabgetrieben.

Je kleiner der Neigungswinkel CBA (Fig. 29.) wird, um desto mehr nähert sich fc der senkrechten Richtung auf CB, oder um desto mehr kommt fg der Richtung fc näher, folglich desto kleiner wird fb, oder die Kraft, mit der der Körper auf der Ebene herabfällt.

Je größer CBA wird, desto größer wird fb.

§. 230. Die Kraft fb (Fig. 29.), welche den schweren Körper M längs der geneigten Ebene CB herabzugehen nöthigt, heißt das relative oder respective Gewicht des Körpers. Denn das absolute Gewicht (§. 209.) desselben wird nur durch den lothrechten Druck fc bestimmt.

§. 231. Die Kraft, welche erforderlich ist, um die Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Fläche aufzuhalten, braucht natürlicher Weise nicht so groß zu seyn, als sein absolutes Gewicht. Sie ist um desto kleiner, je mehr die Ebene geneigt ist; um desto größer, je weniger diese geneigt ist.

Die Kraft, welche nöthig ist, um das Herabrollen von M (Fig. 29.) auf der schiefen Ebene CB zu verhüten, braucht nur der Kraft fb, die kleiner ist als fc, Widerstand zu leisten, weil fg an der Ebene CB Widerstand findet.

§. 232. **Ueberhaupt verhält sich das relative Gewicht eines Körpers (§. 230.), das den Körper längs der schiefen Ebene herabtreibt, zu seinem absoluten Gewichte, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.**

Versuche mit dem Plano inclinato.

Wenn wir das relative Gewicht eines Körpers p, das absolute P, die Länge der schiefen Ebene L und ihre Höhe A nennen, so ist $p : P = A : L$, folglich $p = P \times \frac{A}{L}$, und überhaupt für verschiedene Ebenen $p : \pi = \frac{A}{L} : \frac{a}{l}$.

Es ist nämlich das Dreyeck fcb dem Dreyecke CBA ähnlich, weil der Winkel fcb dem Winkel CBA, und der Winkel cfb dem Winkel ACB gleich ist. Es verhält sich demnach $fb : fc = CA : CB$, oder das relative Gewicht fb zum absoluten Gewichte fc, wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB.

Weil ferner in jedem Dreyecke die Seiten den Sinus der Winkel proportional sind, so ist auch das relative Gewicht p gleich dem absoluten Gewichte P mit dem Neigungssinus I multiplicirt, oder:

$$p = P \times \text{sin. } I.$$

§. 233. Ein schwerer Körper fällt auf der schiefen Ebene nach denselbigen Gesetzen, wie bey dem freyen Falle; seine Bewegung ist ebenfalls eine gleichförmig beschleunigte, und die längs der schiefen Ebene

zurückgelegten Wege verhalten sich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten. Die beschleunigende Kraft der Schwere ist aber dabey vermindert, und sie verhält sich zur unverminderten Kraft der Schwere wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der relativen Schwere φ und die der absoluten f nennen, so ist $\varphi : f = A : L$, und überhaupt $\varphi = \frac{f \, . \, A}{L}$. Eben darin, daß die beschleunigende Kraft der Schwere auf der schiefen Ebene vermindert ist, ist der Grund zu suchen, daß das relative Gewicht kleiner ist, als das absolute. Denn wenn gleich die Summe der von der Schwere afficirten Theile oder M dieselbige bleibt, so muß doch das Product aus diesen Theilen durch die beschleunigende Kraft kleiner werden, wenn diese kleiner wird. Weil nämlich $\varphi < f$, so muß $\varphi \, . \, M < f \, . \, M$ oder $p < P$ seyn.

§. 234. Weil also die beschleunigende Kraft der Schwere bey dem Falle auf der schiefen Ebene vermindert wird, so wird auch der Raum, den ein Körper in der Zeiteinheit auf der schiefen Ebene zurücklegt, kleiner seyn, als die senkrechte Fallhöhe in dieser Zeiteinheit; und es wird sich der Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer gewissen Zeit zurücklegt, zu dem Raume des freyen Falles in eben dieser Zeit verhalten wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wegen der größern Zeit, die also ein Körper braucht, um gleiche Räume auf der schiefen Ebene, als bey dem freyen Falle zurückzulegen, lassen sich auch die Zeiten des Falles auf der geneigten Ebene bequemer beobachten; und so bediente sich Galilei dieses Verfahrens, um die von ihm entdeckten Gesetze des Falles schwerer Körper zu bestätigen (§ 213.). S. dessen *Dialogi de motu loculi* III. S. 53.

Gesetzt, daß die Ebene CB eine Länge von 25 Fuß bey einer Höhe CA von 2½ Fuß hätte, so würde die von der relativen Schwere herrührende beschleunigende Kraft zur absoluten sich verhalten wie 2½ : 25 = 1 : 10. Die beschleunigende Kraft der relativen Schwere würde diesem nach

nach den Körper $\frac{15,625}{10}$ Fuß = 1,5625 in der Secunde herabtreiben; und es würden, (nach §. 223. 3.), $\sqrt{\frac{25}{1,5625}}$ = $\sqrt{16}$ Secunden, oder 4 Secunden Zeit verfließen, ehe der Körper den ganzen Weg auf der schiefen Ebene zurückgelegt hätte.

§. 235. Da die senkrechte Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeiteinheit bestimmt ist (§. 215.), so läßt sich auch der Raum bestimmen, den ein Körper in eben derselben Zeit, die er bey dem lothrechten Falle verwendet, auf einer gegebenen schiefen Fläche durchlaufen wird.

Es sey CB (Fig. 30.) eine schiefe Ebene, deren Höhe durch CA vorgestellt ist. Wenn man nun aus dem rechten Winkel A, der durch die Höhe CA und die Horizontallinie AB gebildet wird, das Perpendikel AF auf die schiefe Ebene CB fällt, so wird der Körper, wenn er frey von C nach der Verticallinie CA herabfiele, diese ganze Höhe CA bey dem freyen Falle in eben der Zeit durchlaufen, in der er bey dem Falle auf der schiefen Ebene vom Scheitel C nach F gelangt. Denn es verhält sich (§. 234.) der Raum, den der Körper in einerley Zeit auf der schiefen Ebene zurücklegt, zur freyen verticalen Fallhöhe, wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB. Es ist aber CF : CA = CA : CB, weil die Perpendikellinie AF zwey ähnliche Dreyecke CAF und CBA giebt, woraus man die Proportion CA : CB = CF : CA bekommt.

Wird der Neigungswinkel der Ebene größer, und = CGA, so würde der Körper den Theil CH > CF in eben der Zeit auf der schiefen Ebene CG zurücklegen, da er bey dem verticalen Falle im freyen CA durchlaufen würde.

Wenn also drey Körper zu gleicher Zeit von einem und demselben Puncte C ausgingen, der eine nach der Richtung CA, der andere nach der Richtung CG, und der dritte nach der Richtung CB, so würden sie zu einerley Zeit, der erste in A, der zweyte in H, und der dritte in F anlangen.

§. 236. Man beschreibe auf der gemeinschaftlichen Höhe der beyden schiefen Flächen CB und CG (Fig. 31.) einen Kreis, der die Höhe CA dieser Flächen zum Durchmesser hat, so werden CF und CH

Sehnen

Sehnen dieses Kreises seyn, und nach dem vorhergehenden §. wird der schwere Körper diese Sehnen in eben der Zeit durchlaufen, da er den verticalen Durchmesser CA durchläuft. Es läßt sich dies von jeder andern Sehne dieses Kreises beweisen, und folglich der Satz annehmen: **daß ein schwerer Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Halbkreises bewegt, die Sehnen im Halbkreise in eben der Zeit durchlauft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises bey dem freyen Falle durchlaufen wäre**

Sigaud a. a. O. I. §. 213.

§. 237. Ein Körper, der sich längs der schiefen Fläche CB (Fig. 30.) bewegt, hat am Ende seines Falles in dieser geneigten Richtung eben die Geschwindigkeit, die er erhalten würde, wenn er von der lothrechten Höhe CA dieser Fläche herabgefallen wäre.

Wenn z. B. CB 5mal länger wäre, als CA, so würde die beschleunigende Kraft der relativen Schwere, (nach §. 233.), $\frac{1}{5}$ der absoluten oder lothrechten seyn, und der Körper würde in der ersten Secunde $\frac{15,625}{5} = 3,125$ Fuß darauf herabfallen, und in derselben eine Geschwindigkeit von 2 . 3,125 = 6,250 Fuß erlangen. Wenn nun CB 28,125 Fuß lang wäre, so würde die Zeit, um diese ganz zu durchlaufen, $\sqrt{\frac{28,125}{3,125}} = 3$ Secunden betragen (§. 223. Anm.); und die zu dieser Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit würde, (nach §. 219.), 3 . 6,250 = 18,750 Fuß seyn.

Da wir CA $\frac{1}{5}$ der Länge CB angenommen haben, so wird die Höhe CA 5,625 Fuß, und die Zeit, diese lothrechte Höhe zu durchfallen, wird $\sqrt{\frac{5,625}{15,625}} = 0,6$ Secunden seyn. Binnen 0,6 Secunden wächst aber die Geschwindigkeit bey dem lothrechten Falle auf 0,6 . 31,250 = 18,750 Fuß, also eben so viel, als vorhin, an.

Karstens Lehrbegriff der ges. Mathem. Th. I. B. II. §. 60. der Mechanik.

§. 238. Wenn ein schwerer Körper auf mehrern an einander hängenden schiefen Ebenen hinunter fällt, so daß er bey dem Uebergange von der einen zur andern nichts von seiner erlangten Geschwindigkeit durch eine andere Ursach verliert, so hat er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit, als er erlangt haben würde, wenn er nach der lothrechten Richtung in der Höhe von dem Scheitel der ersten schiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten herabgefallen wäre; oder als ob er auf einer schiefen Ebene, die von dem Scheitel der ersten bis zum untersten Puncte der letzten gelegt ist, herabgesunken wäre.

Es bewege sich ein schwerer Körper durch die an einander gränzenden schiefen Ebenen (Fig. 32.) AB, BC und CD, so ist am Ende der ersten Ebene AB seine darauf erhaltene Geschwindigkeit eben so groß, als ob er vertical durch AE fiele (§. 237.). Wenn er die Ebene BC durchläuft, so ist seine erlangte Geschwindigkeit so groß, als ob er die senkrechte Höhe dieser Ebene BF = EH durchfallen wäre, und bey seinem Fallen auf der dritten schiefen Ebene wird er die Geschwindigkeit erhalten, als ob er durch die Höhe derselben CG = HI gegangen wäre. Seine erlangten Geschwindigkeiten auf diesen schiefen Ebenen sind also gleich den durch die Höhen AE + EH + HI bey dem senkrechten Falle erlangten Geschwindigkeiten. Diese Höhen machen aber zusammen die lothrechte Linie AI vom Scheitel A der ersten schiefen Fläche bis zur Grundlinie der untersten aus. Eben diese Geschwindigkeit würde, (nach §. 237.) der Körper auch erhalten, wenn er längs AD herabfiele.

Sigaud a. a. O. I. §. 217.

§. 239. Hieraus folgt denn auch, daß ein schwerer Körper, der in einer krummen Linie hinabfällt, am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangt, als wenn er von dem Puncte an, von dem er sich zu bewegen anfängt, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, herabfiele, oder auch als wenn er durch die Chorde des Bogens niederginge.

Jede

Jede krumme Linie läßt sich nämlich so ansehen, als ob sie aus unendlich kleinen, einen Winkel einschließenden, geraden Linien bestünde, und also als die Durchschnittslinien an einander gränzender schiefer Ebenen. Folglich wird sich auch der vorige Satz (§. 238.) darauf anwenden lassen. Gesetzt, der Körper fällt in der krummen Linie ABCD herab, so wird er diesemnach in D die Geschwindigkeit erlangt haben, die er durch den lothrechten Fall von AI = aD oder auch durch die Chorde AD des Bogens ABCD erhalten würde. (Fig. 32.)

§. 240. Wenn ein schwerer Körper durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden ist, und eine schiefe Ebene hinaufwärts zu gehen genöthigt wird, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es wird nach dem bisher Vorgetragenen alles das, was oben von dem senkrechten Aufsteigen schwerer Körper (§§. 225 — 227) gesagt worden ist, sich in Beziehung auf die schiefe Ebene anwenden lassen.

Karstens Anfangsgr. d. Naturw. §. 77. 78.

Pendelschwingungen.

§. 241. Ein schwerer Körper, der an irgend einer Stelle, die nicht mit seinem Schwerpuncte übereinkommt, an einem festen Puncte so aufgehängt wird, daß er sich um diese Stelle frey drehen kann, heißt ein **Pendel** (Pendulum).

Eine Kugel, die an einem zarten Faden hängt; eine Stange, die oben um einen Stift beweglich ist, oder an einem biegsamen Metallplättchen befestigt ist, können Beyspiele abgeben.

§. 242. Wir können uns vorstellen, daß zwar der Punct B (Fig. 33.) von der beschleunigenden Kraft der Schwere getrieben werde, daß aber die Linie CB, durch die er an dem Puncte C aufgehängt ist,

ist, selbst nicht schwer und doch unbiegsam seyn. Ein solches eingebildetes Pendel heißt dann ein einfaches oder mathematisches Pendel (Pendulum simplex). Ein zusammengesetztes Pendel (Pendulum compositum) hingegen ist ein solches, wenn mehrere schwere Puncte an der nicht schweren Linie über einander aufgehängt angenommen werden, oder wenn diese Linie selbst schwer ist.

§. 243. Wenn das durch die Schwere afficirte Pendel ruhen soll, so kann es nur in der Lage seyn, worin die Richtung des Fadens auf dem Horizonte senkrecht ist; oder sich selbst überlassen kann es nur dann ruhen, wenn sich sein Schwerpunct gerade unter dem Aufhängungspuncte in der lothrechten Linie durch diesen Punct befindet.

§. 244. Wird das Pendel aus der lothrechten Lage gebracht, und sich selbst überlassen, so fällt es in einem Kreisbogen wieder hinab. Ist es nun wieder bey diesem Hinabfallen zur senkrechten Richtung gekommen, so hat es durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, als ob es von dem Puncte an, von dem es zu fallen anfing, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, herabgefallen wäre (§. 239.); es muß also mit der erlangten Geschwindigkeit auf der andern Seite wieder im Bogen eben so hoch steigen, wo es sich dann endlich wie vorher in eben denselbigen Umständen befindet, und daher wie das erste Mal den Bogen in umgekehrter Richtung durchlaufen, und sich also beständig hin und her bewegen

wegen muß. Diese abwechselnde Bewegung nennt man eine Schwingung oder Vibration des Penduls (Oscillatio, Vibratio penduli).

Es sey CB (Fig. 33.) ein einfaches Pendul, und der Punct B werde von der Schwere afficirt. Gesetzt, es wird das Pendul aus der verticalen Lage in die geneigte Cb gebracht, und sich selbst überlassen, so muß es ja von selbst in Bewegung kommen, weil der schwere Punct nicht mehr lothrecht unterstützt ist. Der schwere Punct gravitirt in der Richtung bq, und der Faden widersteht in der Richtung Cb. Man verlängere Cb nach r, setze fb auf Cb senkrecht, ziehe qr mit fb, und fq mit br parallel, so wirkt die Gravitation eben so, als wenn sie der Erfolg zweyer anderer Kräfte bf und br wäre, die sich gegen die Kraft der Schwere des Punctes, wie die Seitenlinien bf und br des Parallelogramms, das darauf errichtet ist, zur Diagonallinie bq verhalten. Die Kraft br kann keine Bewegung hervorbringen, da ihr der Faden bC vollkommen widersteht, und sie kann nur den Faden dehnen; es kann also nur die Kraft bf wirken, und Bewegung hervorbringen. Da aber der Faden den schweren Punct immer in gleicher Entfernung von C erhält, so wird der bewegte Punct von der Richtung der Tangente bf beständig abgelenkt und genöthigt, einen Kreisbogen zu beschreiben.

Gesetzt, der schwere Punct ist bey dieser Kreisbewegung bis m fortgerückt, so wird, weil die Gravitation sich gleich bleibt, und also mq = bq angenommen werden muß, mf kleiner werden, als bf war, und diese Seitenlinie mf wird immer um desto kleiner werden müssen, je näher der schwere Punct der niedrigsten Stelle B kommt. Der Druck nach bf ist also eine veränderliche Größe, und verschwindet ganz, wenn der schwere Punct in B anlangt. Dieser wird also durch eine veränderliche Kraft beschleunigt, und weil sie in der Richtung der Tangente immer mehr und mehr abnimmt, so wird auch die in gleichen Zeittheilchen hinzu kommende Vermehrung der Geschwindigkeit immer geringer, bis sie endlich ganz wegfällt, wenn der schwere Punct in B angelangt ist. In diesem Augenblicke aber hat er durch den Fall in der krummen Linie bB im Ganzen eine Geschwindigkeit erlangt, als er durch den Fall von A in lothrechter Richtung nach B erhalten haben würde (§. 239.), und der schwere Punct strebt solchergestalt, nach der Tangente von B weiter in der horizontalen Richtung mit der erlangten Geschwindigkeit fortzugehen. Da aber der Faden diese geradlinige Richtung hindert, und ihn nöthigt, alle Augenblicke seine Richtung, die er nach der Tangente haben würde, zu ändern, so muß er wieder im Kreisbogen BZ steigen. Da er aber hier eine schiefe Fläche hinaufsteigt, so wird seine Geschwindigkeit eben so rückwärts abnehmen, als sie bey dem Falle von b nach B zunahm. Gesetzt, er sey bis a gelangt, so wird af hier die Kraft vorstellen,

die der Bewegung des B nach β entgegen wirkt; diese Kraft wird an jeder Stelle der Bewegung von b nach β immer größer werden, je näher n nach β kommt, und in β so groß seyn, daß die durch den Fall von b nach B erhaltene Geschwindigkeit endlich ganz verschwunden ist, weil der schwere Körper nur zu derjenigen Höhe hinaufsteigen kann, aus der er bey dem Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen könnte, mit der er anfangs geworfen wurde (§. 226.). Auch ist leicht einzusehen, daß die steigende Bewegung von B nach β eben so viele Zeit erfordern werde, als nöthig war, von b nach B zu fallen.

Karstens Anf. der Naturw. §. 81 — 83.

§. 245. Der Fall des Penduls (Fig. 33.) durch den Bogen bB, und das Aufsteigen durch Bβ, heißt ein **halber** oder auch ein **einfacher Schwung** (Oscillatio dimidiata, simplex); der Gang durch den ganzen Bogen bβ und der Rückgang von β bis b, oder bis zum vorigen Puncte, von dem es ausging, ist ein **ganzer** oder **zusammengesetzter Schwung** (Oscillatio composita). Schwingungen, die in gleichen Zeiten vollendet werden, heissen **isochronisch** (Oscillationes isochronae).

§. 246. Die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit, hängt von dreyerley Umständen ab, nämlich 1) von der Größe des **Elongationswinkels** bCB; 2) von der **Länge des Penduls**, die bey dem einfachen Pendul von der Entfernung des Aufhängungspuncts C vom schweren Puncte B gerechnet wird; und 3) von der **beschleunigenden Kraft der Schwere**, die nicht an allen Stellen der Erdkugel gleich groß ist.

§. 247. Bey zwey **Penduln**, die gleichen anfänglichen Elongationswinkel (§. 246.) und gleiche Schwere, aber ungleiche Länge haben, **verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln**

Digitized by Google

der Längen, und folglich die Längen der Pendul wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten.

Wenn wir die Schwingungszeiten T, t, und die Längen der Pendul L, l, nennen, so ist

$T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, folglich

$T^2 : t^2 = L : l$; also $L : l = T^2 : t^2$.

Man setze nämlich zwey einfache Pendul (Fig. 34.), deren Längen BC und AC sind, und die bey gleichem anfänglichen Elongationswinkel $\beta CB = \alpha CA$ in Bewegung gesetzt werden. Die respectiven Bogen βB und αA, die sie bey ihrem Schwunge beschreiben, sind die Räume, die sie durchlaufen. Da dies nun eben so eine beschleunigte Bewegung hervorbringt, als ob sie längs der Chorde des Bogens niederfielen (§. 236.), in diesem Falle aber sich die zurückgelegten Räume wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten verhalten (§. 233.), so werden sich auch die Räume βB und αA so verhalten müssen. Es ist aber nach geometrischen Sätzen $\beta B : \alpha A = \beta C : \alpha C$. Da sich nun βB zu αA wie die Quadrate der Zeiten verhält, so wird auch $\beta C : \alpha C = T^2 : t^2$ seyn; βC und αC aber stellen die Längen der Pendul vor, also ist $L : l = T^2 : t^2$, und also $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l} = \sqrt{\beta C} : \sqrt{\alpha C}$. In der doppelten Zeit wird also der vierfache, in der dreyfachen Zeit der neunfache Raum beschrieben werden. Nun ist der Raum βB viermal so groß, wenn der Radius βC viermal so lang ist, und dieser vierfache Raum wird also in der doppelten Zeit beschrieben werden; der Schwung wird also doppelt so lange dauern, wenn die Länge des Penduls viermal, dreymal so lange, wenn die Länge neunmal größer ist, als die eines andern; also verhält sich die Länge der Pendul, wie die Quadratzahlen der Zeiten, worin sie schwingen, und folglich die Dauer der Schwingung, oder die Schwingungszeit, wie die Quadratwurzel der Länge.

Ein Pendul also, das zu Paris, um einen Schwung binnen ½ Secunde zu vollenden, 9 Zoll 2¼ Lin. paris lang seyn müßte, muß, um eine Secunde zum Schwunge zu brauchen, 3 Fuß 8½ Lin. = 440,57 Linien, und um Schwingungen zu machen, die 2 Secunden dauern, 12 Fuß 10 Linien lang seyn.

§. 248. Die Anzahl der Schwingungen eines Penduls sind im umgekehrten Verhältnisse der Schwingungszeit, oder der Dauer der Schwingungen, und also auch im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Länge des Penduls.

Es ist nämlich die Zahl der Schwingungen (N, n) desto größer, je kleiner die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungs-

gungszeit (T, t); folglich verhält sie sich verkehrt wie diese, oder es ist

$$N : n = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}.$$

Da sich nun die Schwingungszeiten verhalten wie die Quadratwurzeln der Länge (§. 247.), so werden sich auch die Zahlen der Schwingungen umgekehrt verhalten müssen, wie die Quadratwurzeln der Längen; diesemnach ist

$$N : n = \frac{1}{\sqrt{L}} : \frac{1}{\sqrt{l}}; \text{ und } N^2 : n^2 = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}.$$

Da $N = \frac{1}{T}$, so wird auch $\frac{1}{\sqrt{L}} = \frac{1}{T}$, und daher $T = \sqrt{L}$ seyn, wie es §. 247. giebt.

§. 249. Da ein durch die Schwere getriebener Körper die Chorde eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises beym freyen Falle durchlaufen wäre (§. 236.); so würde der schwere Punct, in der Zeit, da er durch die Chorde βB (Fig. 35.) geht, die doppelte Länge des Penduls 2BC = DB durchlaufen, und in der eben so großen Zeit, da er bey dem Hinaufsteigen durch Bb geht, abermals durch 2BC fallen, folglich in der Zeit eines ganzen Schwunges die achtfache Länge des in Chorden schwingenden Penduls durchlaufen. Wenn ferner ein Pendul sich nicht durch Kreisbogen, sondern durch ihre Chorden bewegte, so würden alle seine Schwingungen isochronisch seyn (§. 236.).

§. 250. Wenn ein Pendul durch Kreisbogen unter verschiedenen Elongationswinkeln schwingt, so sind die Geschwindigkeiten, die es erlangt, wenn es bey dem niedrigsten Puncte angelangt ist, wie die Sehnen der durchlaufenen Bogen.

Ein Pendul CB (Fig. 36.) durchlaufe den Bogen βB, dessen Sehne die gerade Linie βB ist; man ziehe βE senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit bey dem Falle aus β in B gleich

gleich der aus E in B (§. 237.). Die Geschwindigkeit des Falles aus E nach B ist zu der aus D in B wie die Quadratwurzel von EB zu der von DB (§ 213 3.), das ist, nach geometrischen Gründen, wie Bβ zu DB. Ferner ziehe man αF senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit aus α in B so groß, als bey dem lothrechten Falle durch FB. Die Geschwindigkeit des Falles aus FB aber ist zu der aus DB wie die Quadratwurzel von FB zu der von DB, das ist wie αB zu DB. Folglich ist die Geschwindigkeit aus α in B zu der aus β in B wie die Chorde αB zu der Chorde βB.

§. 251. Die Bestimmung der Zeiten und ihrer Verhältnisse zu den Räumen bey dem Falle auf vorgeschriebenen krummen Linien würde hier zu weitläufig werden und mehr voraussetzen, als es hier thunlich ist; daher genügt es, nur die Resultate der Untersuchungen der Mathematik über die Pendul anzuführen. Diese lehren nämlich, daß, wenn ein Körper (Fig. 36.) durch den Bogen βB eines Kreises fällt, welcher DB = S zum Durchmesser hat, und, (nach §. 223. Anm.), die Zeit des Falles in der verticalen Richtung durch den Durchmesser durch $\sqrt{\frac{S}{g}}$ ausgedrückt wird, (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Raum bedeutet,) dazu eine Zeit erfordert werde, welche durch das Product der unendlichen Reihe $1 + \frac{1}{4}\frac{BE}{S} + \frac{9}{64}\frac{BE^2}{S^2} - - -$ in $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$ angegeben wird, wo π die ludolphischen Zahlen 3,141592 .... für die Peripherie des Kreises vom Durchmesser 1 bedeutet. Durch den Quadranten GB wird die Höhe BE zu BC = ½ S; folglich verwandelt sich die Zeit des Fallens durch diesen Quadranten in

(1

$$\left(1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} + \frac{9}{64} \cdot \frac{1}{4} \ldots\right) \frac{1}{4} \pi \sqrt{\frac{S}{g}}.$$

Da $\frac{1}{4}\pi = 0{,}785398 \ldots$ mit jener Reihe multiplicirt noch nicht völlig 1 giebt, so sieht man leicht, daß die Zeit des Fallens durch den Quadranten des Bogens kleiner ist als $\sqrt{\frac{S}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmesser DB. Da ein schwerer Körper die Sehne eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, als er durch den senkrechten Durchmesser des Kreises fällt (§. 236.), so ist auch die Zeit des Fallens durch den Quadranten GB kleiner, als durch die Sehne GB.

Wird nun der Bogen unendlich klein, und γB dafür angenommen, so verwandelt sich jene Reihe in 1, und die Zeit des Fallens durch denselben in $\frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{S}{g}}$, und daraus folgt denn der Satz: **Die Zeit des Fallens in unendlich kleinen Bogen des Halbkreises verhält sich zur Zeit des lothrechten Fallens durch den Durchmesser des Kreises, wie der vierte Theil des Umkreises zu desselben Durchmesser.**

Nennen wir also die Zeit des Fällens durch eines Halbkreises unendlich kleinen Bogen, t, und die durch den lothrechten Durchmesser, T, so ist $t : T = \frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{S}{g}} : 1 \cdot \sqrt{\frac{S}{g}}$, $= \frac{1}{4}\pi : 1$, oder nahe wie $\frac{355}{4} : 113$, oder wie 0,785 : 1,000.

§. 252. Da alle Sehnen eines Halbkreises in eben der Zeit von einem schweren Körper durchlaufen werden, so wird auch die Bewegung durch die unendlich kleine Sehne γB so lange dauern, als der lothrechte

rechte Fall durch DB; folglich fällt der Körper durch den unendlich kleinen Bogen $\gamma\beta$ in kürzerer Zeit, als durch die verschwindende Sehne desselben: und es verhält sich die Zeit des Fallens durch den verschwindenden Bogen zur Zeit des Fallens durch die verschwindende Sehne ebenfalls wie der vierte Theil des Umkreises zum Durchmesser. Die Schwingungen durch Kreisbogen sind also schneller, als durch Sehnen.

§. 253. Wenn wir nun den Satz des §. 251. von der Zeit des Fallens in einem unendlich kleinen Bogen eines Halbkreises auf den ganzen Schwung eines Penduls anwenden, so wird die doppelte Länge des Penduls CB zu dem Durchmesser des Kreises genommen werden müssen, — indem der unendlich kleine Bogen γB einem Kreise vom Halbmesser CB zugehört. Da nun ein ganzer Schwung aus dem Falle in den Bogen $\gamma\beta$, dem Hinaufsteigen in einen eben so großen Bogen auf der andern Seite, und dem Rückgange von da bis γ besteht, also aus vier solchen Gängen, als der Bogen $\gamma\beta$ beträgt; so wird sich diesemnach die Zeit eines unendlich kleinen ganzen Schwunges zur Zeit des freyen Falles durch die doppelte Länge des Penduls wie der Umkreis zum Durchmesser verhalten.

Es ist also $t : T = \pi \sqrt{\frac{S}{g}} : 1 \sqrt{\frac{S}{g}} = \pi : 1 = 3{,}141592\ldots : 1{,}000000.$

§. 254. Wenn die Schwingungsbogen von einer merklichen Größe werden, so wird auch die Zeit

des

des Schwunges größer werden, und also nicht mehr in demselbigen Verhältnisse bleiben. Wenn indessen die Bogen sehr klein sind, so bleiben die Unterschiede sehr klein, und die Schwingungen des Penduls sind merklich isochronisch.

Folgende Tabelle zeigt die Zögerung, die aus der Zunahme der Schwingungsbogen bey einem und demselben Secundenpendel an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendul, das mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwunges bestimmt, und die Länge des Penduls zu 3 Fuß 8 Lin. (paris.)

Einfacher Schwung. Zoll.	Linien.	Tägliche Verzögerung. Secunden.
0.	4.	0,1.
0.	8.	0,5.
1.	0.	1,0.
1.	4.	1,8.
1.	8.	2,8.
2.	0.	4,0.
2.	4.	5,5.
2.	8.	7,1.
3.	0.	9,0. u. s. w.

wie man leicht weiter finden kann, wenn man die Zahl der Zolle mit sich selbst multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Wenn also ein Pendul nur in der Breite von 8 Linien, oder auf jeder Seite 4 Linien schwingt, so ist es kein wahres Secundenpendul, da es täglich ½ Secunde zurückbleibt. Wenn aber die Bogen nur 2‴ oder $\frac{1}{10}$ Linie beschrieben, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Millionentheilchen einer Secunde, oder in 21500 Jahren eine Secunde betragen.

De la Lande Calcul astronomique. à Paris 1762. §. 253.

§. 255. Wenn die Schwünge des Penduls, auch bey verschiedenem Elongationswinkel, von völlig gleicher Dauer, oder isochronisch seyn sollen, so muß es nicht in Kreisbogen, sondern in der **Cykloide** schwingen. Es läßt sich nämlich aus der Anwendung der angeführten Sätze vom Falle in krummen Linien auf die Cykloide erweisen, daß der Fall durch den endli-

endlichen Bogen derselben eben so lange daure, als durch den unendlich kleinen, weswegen sie eben die tautochronische Linie heißt. Daraus folgt denn der Satz: **Die Zeit des ganzen Schwunges in der Cykloide, auch bey ungleichen Bogen, verhält sich zur Zeit des freyen Fallens durch die doppelte Länge des Penduls wie der Umkreis zum Durchmesser.**

Hugenii horologium oscillatorium. P. II. pr. 25. *Frisi* cosmographia. Mediol. 1774. Vol. I. introd. §. 25.

§. 256. Die bisher vorgetragenen Bestimmungen der Geschwindigkeit und Dauer der Pendulschwingungen gelten nur vom einfachen Pendul (§. 242.) im leeren Mittel. Ein zusammengesetztes Pendul ist jedes physische Pendel, das daher erst auf ein einfaches reducirt werden muß. Wird nämlich ein schwerer Körper an einem ebenfalls schweren Faden oder einer metallenen Stange so aufgehängt, daß das Ganze Schwingungen machen kann, so kann man die Länge desselben nicht für die Länge eines einfachen Penduls halten. Ein solches Pendul ist vielmehr aus vielen materiellen Puncten zusammengesetzt, die insgesammt schwer sind, und eine verschiedene Entfernung vom Aufhängungspuncte haben. Und eben deswegen nennt man es ein **zusammengesetztes Pendul.** Selbst eine kleine metallene Kugel, die an einem zarten Faden aufgehängt ist, ist als ein zusammengesetztes Pendul anzusehen, weil, wenn auch das Gewicht des Fadens nicht in Anschlag käme, doch die Kugel nicht als ein Punct ohne Ausdehnung angenommen werden

werden kann. Wenn daher die Gesetze des einfachen Pendels auf wirkliche Pendel angewendet werden sollen, so muß erst bestimmt werden, wie die Länge eines einfachen Penduls sey, dessen Schwingungszeit eben so groß seyn würde, als die Schwingungszeit eines zusammengesetzten Penduls von gegebener Gestalt und Länge.

§. 257. Es sey CBDE (Fig. 37.) ein zusammengesetztes Pendul; C sey der Aufhängungspunct, um welchen sich das Pendul bey seiner Schwingungsbewegung drehet, und A sey der Schwerpunct des Penduls. Man nehme die gerade Linie CO so lang an, als ein einfaches Pendul seyn müßte, wenn dessen Schwingungen mit jenem isochronisch seyn sollten. In diesem Falle müßte der Punct O allein schwer seyn, wenn das zusammengesetzte Pendul in ein einfaches isochronisches verwandelt werden sollte; oder die Entfernung zwischen diesem Puncte O und dem Aufhängungspuncte C ist die Länge des einfachen Penduls, das mit dem zusammengesetzten isochronisch oder gleichzeitig schwingt. Diesen Punct O nennt man den **Mittelpunct der Schwingung** oder den **Schwingungspunct** (Centrum oscillationis); und die Länge jedes zusammengesetzten Penduls ist aus der Entfernung CO des Schwingungspunctes O vom Aufhängungspuncte C zu schätzen.

§. 258. Um also die vorgetragenen Sätze des einfachen Penduls auf ein zusammengesetztes anzuwenden, ist es nöthig, bey diesem den Schwingungspunct

punct zu bestimmen (§. 257.). Diese Bestimmung würde uns hier zu weit führen; wir entlehnen also nur einige Resultate der Untersuchungen, welche die Mechanik darüber angestellt hat.

1) In einer schweren, gleichartigen, und geraden linie, z. B. in einer cylindrischen oder parallelepipedalischen Stange von Metall, einem Metalldrahte, einem Blechstreifen, u. dergl., ist der Schwingungspunct vom Aufhängungspuncte um $\frac{2}{3}$ der länge der linie entfernt.

2) In einer soliden Kugel, die an einem nicht bemerkbar schweren Faden an ihrem Scheitel aufgehängt ist, liegt der Schwingungspunct unter dem Schwerpuncte der Kugel um $\frac{2}{5}$ des Quotienten, den man findet, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpuncts vom Aufhängungspuncte dividirt. So ist z. B. bey einer Kugel von 1 Fuß (paris.) Durchmesser, deren Schwerpunct 440 linien vom Aufhängungspuncte entfernt ist, der Schwingungspunct 4,712 linien unter dem Schwerpuncte derselben; bey einer Kugel von 2 Zoll Durchmesser ist er 0,13 linien, und bey einer Kugel von einem Zolle 0,033 lin. darunter.

3) Wenn der Faden, an welchem die solide Kugel hängt, ein merkliches Gewicht hat, so findet man den Schwingungspunct durch folgende Formel: Es sey u das Gewicht des Fadens oder des Drahtes, P das Gewicht der Kugel, b der Durchmesser der Kugel, a die Entfernung des Mittelpuncts der Kugel

vom

vom Aufhängungspuncte; so liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um

$$\frac{(\frac{1}{3}u + \frac{2}{5}P)b^2 - \frac{1}{6}u(ab + a^2)}{(\frac{1}{2}u + P)a - \frac{1}{2}bu}.$$

Eine kleine metallene Kugel von etwa zwey Linien im Durchmesser, die an einem sehr zarten ungesponnenen Hanffaden aufgehängt ist, ist zwar immer noch ein zusammengesetztes Pendul; indessen fällt doch der Mittelpunct der Kugel mit dem Schwingungspuncte sehr nahe zusammen.

Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol. P. IV. prop. 7 — 23. *Jacob Bernoulli*, in den Mém. de l'acad. roy. des sc. 1703. S. 78. ff. und S. 281. ff. *Joh. Bernoulli*, ebendas. 1714 S. 208. *Mairan*, ebendas. 1735. S. 183. *Muschenbroek* introductio in philosoph. naturalem. I. §. 670. 671. *De la Lande* exposition du calcul astronomique S. 199. *Le Pauté* traité d'horlogerie. à Paris 1755. 4. S. 291. Kästners Anfangsgr. der höhern Mechanik, Göttingen 1766 8. S. 194. u. f. S. 243. Karstens Lehrbegriff der Mathematik, Th. I. B. 2. Abschn. VI. der Mechanik; ingl. Th. IV. Abschn. VIII. und XI. der Mechanik.

§. 259. Wenn ein zusammengesetztes Pendul Schwünge von bestimmter Zeitdauer verrichten soll, so muß die Länge des gleichgeltenden einfachen Penduls eine bestimmte Größe haben. Wenn die Zeit eines einfachen oder halben Schwunges gerade eine Secunde dauert, so heißt die dazu gehörige Länge das **Secundenpendul**, oder auch die **Länge des einfachen Penduls**.

§. 260. Man kann die Länge des Secundenpenduls (§. 259.) durch Beobachtung bestimmen. Man hänge zu dem Ende eine solide Kugel an einem dünnen ungezwirnten Faden auf, und bestimme die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängungspuncte aufs genaueste (§. 258.). Man wähle einen Ort zur Beobachtung, der eine gleichförmige

Tempe-

Temperatur von etwa 10° Reaum. hat, und keinem Luftzuge unterworfen ist. Man lasse hierauf das Pendul frey schwingen, zähle die einfachen Schwingungen desselben eine Zeit lang fort, und beobachte nach einer richtig gehenden und gut geordneten Secundenuhr die während der Schwingungen verflossene Zeit. Man drücke die so beobachtete Zeit in Secunden aus, und dividire sie mit der beobachteten Anzahl der Schwingungen, so hat man die Schwingungszeit für ein einfaches Pendul von bekannter Länge, nämlich von einer Länge, die der Entfernung des Aufhängungspuncts vom Schwingungspuncte gleich ist. Aus der Länge dieses Probependuls und der Dauer seiner einfachen Schwingungen läßt sich nun nach einer leichten Rechnung (§. 247.) die Länge eines einfachen Penduls bestimmen, das in einer Secunde einen einfachen Schwung macht. Man wiederhohle diesen Versuch oft mit Probependuln von verschiedener Länge, und nehme das Mittel von allen Versuchen, um desto sicherer die Länge des einfachen Secundenpenduls zu erhalten.

Mairan a. a. O. S. 153 — 200. *Van Swinden* positiones physicae. I. S. 98.

Einen bequemen und sehr genauen Apparat, die Länge des Secundenpenduls zu bestimmen, hat Hr. von Zach angegeben und beschrieben: Beschreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Versuche und Bestimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpenduls genau und behend angestellt und gemacht werden können; in Bodens Samml. astronomischer Abhandl. 1 Supplementb. S. 175. ff.; und in Voigts Magazin, B. IX. St. 1. S. 142. ff.

§. 261. Um indessen die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls, das in einem freyen Mittel

schlägt,

schlägt, und wobey die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, sind noch einige Berichtigungen zu den vorhergehenden Versuchen nöthig, und zwar

1) Wegen des **Widerstandes der Luft.** Die Pendul erleiden nämlich von der Luft, die sie beym Schwingen aus der Stelle drängen müssen, einen Widerstand, der um desto größer ist, je dichter die Luft, und je größer das Volum des Penduls ist. Pendul von größerm Gewichte schwingen daher bey gleicher Länge und gleichem Volum allerdings schneller, als die von leichterm Gewichte, obgleich die Größe des Gewichts auf die Schwungbewegung an sich so wenig Einfluß hat, als auf den Fall der Körper (§. 216.). Durch diesen Widerstand der Luft kommt es hauptsächlich, daß die Schwingungsbogen immer kleiner werden, und das Pendul endlich zur Ruhe kommt, da sonst die Schwungbewegung an sich ohne Ende fortdauern müßte. Ob nun aber gleich durch diesen Widerstand der Luft die Dauer des Niederganges etwas länger wird, so wird doch die des Aufsteigens dadurch wieder etwas kürzer, und durch diese Compensation kommt es, daß die Schwünge ziemlich isochronisch bleiben, und daher keine merkliche Veränderung Statt findet, die einer Correction bedürfe. Eine ganz andere Bewandtniß aber hat es mit der hydrostatischen Wirkung der Luft, wodurch, wie die Folge beym Wasserwägen lehren wird, ein Theil der Gravitation des Penduls aufgehoben wird; hierauf muß sich die Berichtigung wegen des Widerstandes der

Luft

Luft beziehen. Dadurch, daß das Pendul Luft aus der Stelle drängt, verliert es einen Theil seines Gewichts, und bewegt sich mit einem Verluste seiner Gravitation. Daher ist zu der beobachteten Länge des einfachen Secundenpenduls noch etwas hinzuzusetzen, um die Länge dessen zu finden, das im leeren Raume Secunden schwingt. Dieser hinzuzusetzende Theil verhält sich zur Länge des einfachen Penduls in der Luft, wie das specifische Gewicht der Luft zum specifischen Gewichte der Materie, woraus das Pendul besteht.

Bouguer traité de la figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. 399. ff. *Van Swinden* pos. phys. I. S. 93. §. 236.

2) Wegen der **Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde**, die von der Umdrehung der Erde um ihre Achse herrührt, wodurch die Schwere des Penduls, und also die Länge des einfachen Secundenpenduls vermindert wird. Diese Verminderung ist desto größer, je näher der Ort der Beobachtung dem Aequator liegt, oder je größer die Kreise sind, die er bey der täglichen Bewegung der Erde durchläuft. Ein und dasselbige Pendul wird also unter dem Aequator langsamer schwingen, als gegen die Pole zu, und es wird dort verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. **Richer** beobachtete dies bey seiner Reise nach Cayenne im Jahre 1672, 1 Grad 56 Min. vom Aequator; sein Pendul, das zu Paris Secunden schlug, mußte hier um 1¼ Linie verkürzt werden, um die nämliche Geschwindigkeit zu behalten. Um also die wahre Länge des einfachen Secundenpen-

duls

duls zu bestimmen, welche Statt finden müßte, wenn die Erde ruhete, ist zu der beobachteten länge noch etwas hinzuzusetzen. Um dies zu finden, darf man nur den Bruch $\frac{1}{289}$, (als das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator (§. 271. 12.), mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Orts multipliciren, und die gefundene Quantität zu der beobachteten länge des Penduls zusetzen. Gesetzt also, daß der Ort der Beobachtung unter einer Breite von 60 Graden läge, so ist der Cosinus $= \frac{1}{2}$, und die Rechnung giebt $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{289}$ oder $\frac{1}{1156}$. Wenn nun die beobachtete länge des einfachen Penduls daselbst 439,28 linien wäre, so müßten noch $\frac{439,28}{1156} = 0,38$ linien zu dieser beobachteten länge zugesetzt werden, um die wahre länge des Secundenpenduls zu finden, das durch die Schwungkraft keine Verminderung erleidet.

Hr. de la Lande giebt hiernach folgende Tafel an:

unter dem Aequator	=	0 Gr.	0 Min.	= 1,53 Lin.
zu Portobelo =	=	9 =	34 =	= 1,48 =
zu Klein = Goave =	=	18 =	27 =	= 1,38 =
am Vorgeb. d. g. H.	=	33 =	55 =	= 1,04 =
zu Paris = =	=	48 =	50 =	= 0,67 =
zu London = =	=	51 =	31 =	= 0,59 =
in Schweden bey =	=	60 =	0 =	= 0,38 =
zu Pello in Lappland	=	66 =	48 =	= 0,24 =

Phoronomia, sive de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libr. II. aut. *Jac. Hermanno*, Amstelaed. 1716. 4. S. 368. ff. *De la Lande* calcul astronom. S. 203.

3) Wegen der Größe der Schwingungsbogen. Hierher gehört das, was §. 254. angeführt worden ist.

4) Wegen der **Wärme**. Die Temperatur kann nämlich die länge des Maaßstabes ändern, und daher ist es nöthig, bey der Messung des Probependuls sich entweder stets einer gleichförmigen Temperatur zu bedienen, oder den Unterschied der länge bey andern Temperaturen an dem Maaßstabe erforscht zu haben. — Wenn die Pendul selbst von der Wärme und Kälte in ihrer länge verändert werden, so würden sie natürlicher Weise ihren Isochronismus nicht behalten. An genauern Uhren hat man deswegen Pendul aus verschiedenen Materien anzubringen gesucht, die sich wechselseitig durch Verkürzung und Verlängerung bey verschiedenen Temperaturen compensiren; dahin gehört **Grahams** und **Romains** rostförmiges Pendul aus eisernen und kupfernen Stäben. Noch vollkommener hat man die Verbindung von Stäben aus Eisen und Zink gefunden.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. I. §. 675. 676. *Berthoud* essai d'horlogerie. à Paris. T. II. 1763. 4. T. 2. S. 118 — 143. 181 — 188. 299 — 306.

§. 262. Ungeachtet aller dieser Berichtigungen lehrt die Erfahrung, daß an den verschiedenen Orten auf der Erde unter verschiedenen Breiten die länge des einfachen Secundenpenduls nicht gleich sey; woraus denn folgt, daß die Beschleunigung der Schwere in den verschiedenen Breiten nicht gleich seyn könne. Man hat diese länge gefunden:

1) unter dem **Aequator**, an der Meeresfläche, 439,21 lin. paris. = 454,48 rheinl.;

2) zu **Paris**, unter der Breite von 48° 50′, 440,57 lin. paris. = 455,89 rheinl.;

3) zu Leiden, unter der Breite von 52° 9′, 440,71 paris. = 456,04 rheinl.;

4) zu Pello in Lappland, unter der Breite von 66° 48′, 441,27 Lin. paris. = 456,61 rheinl.

Die Bestimmung der Pendullänge von andern Orten sehe man bey *Muschenbroek* introd. in philos. nat. T. I. S. 99. und in Bodens Kenntniß der Erdkugel, S. 85.

Nach den neuesten und genauesten Versuchen in Paris hat man die wahre Länge des Secundenpenduls daselbst 440,6 Lin. paris. gefunden.

§. 263. Die Lehren vom einfachen Pendul hatte schon Galilei mit den Gesetzen der Schwere erfunden; Huygens aber erweiterte diese Erfindung, machte vom Jahre 1656 an davon überaus wichtige Anwendungen zur Verbesserung der Uhren, und wurde der Erfinder der Pendeluhr. Er schlug auch die Länge des einfachen Secundenpenduls zu einem allgemeinen Fußmaaße vor, und nach seinem Vorschlage sollte der dritte Theil dieser Länge der allgemeine Fuß seyn. Er wußte aber damals noch nicht, daß die Länge des Secundenpenduls unter verschiedenen Breiten verschieden wäre, und daß sie zwar ein natürliches, aber kein allgemeines Längenmaaß gewähre. Für einerley Ort bleibt indessen diese scharfsinnige Bestimmung immer anwendbar.

Christ. Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol.

Versuch, durch Zeitmessungen unveränderliche Längen-, Körper- und Gewichtmaaße zu erhalten, — von Joh. Whitehurst. a. d. Engl. übers. mit Anm. von J. H. Wiedemann. Nürnb. 1790. 4.

§. 264. Eine andere sehr wichtige Anwendung der Gesetze vom Pendul machte Huygens dadurch, daß er vermittelst derselben die Beschleunigung der

Schwere bestimmte. Weiß man nämlich die Länge des einfachen Penduls, so läßt sich nach §. 253. leicht bestimmen, wie viel Fuß der Körper in der ersten Secunde seines Fallens durchlaufe. Weil nämlich die Quadratzahl der Schwingungszeit des Penduls sich zur Quadratzahl von $\frac{355}{113}$ oder von 3,1415926..., (als dem Verhältnisse der Peripherie des Kreises zum Durchmesser,) verhält wie die halbe Länge des Penduls zur Beschleunigung der Schwere, so darf man nur die halbe Länge des einfachen Secundenpenduls für einen gewissen Ort mit der Quadratzahl von 3,1415926.. multipliciren, um den Fallraum schwerer Körper in der ersten Zeitsecunde, oder die Beschleunigung der Schwere, für den Ort der Beobachtung zu finden. Die Länge des einfachen Secundenpenduls ist nach **Mairan** zu Paris 440,57 Linien (§. 262.), folglich die halbe Länge 220,28 Linien (paris.), und diese mit der Quadratzahl von 3,1415926 = 9,869604 multiplicirt, giebt für die Fallhöhe der ersten Secunde 2174,07 Linien paris. oder sehr nahe, wie oben (§. 215.).

Karstens Anfangsgr. d. Naturl. §. 94.

§. 265. Da die Beobachtungen lehren, daß die Länge des einfachen Penduls, wenn es isochronisch bleiben soll, unter dem Aequator kürzer seyn muß, als gegen die Polarländer zu (§. 261. 2.), so folgt, daß die Schwere unter dem Aequator geringer seyn müsse, als gegen die Pole zu. Zufolge dieser Beobachtungen wächst die Länge des einfachen Secundenpenduls,

penduls, je mehr man sich vom Aequator gegen die Pole zu entfernt. Es ist zwar nicht das Ganze der Verminderung dieser Länge gegen den Aequator zu auf Rechnung der Verminderung der Gravitation zu schreiben, sondern ein Theil kommt auf Rechnung der größern Centrifugalkraft unter dem Aequator; da aber dieser Theil bestimmt werden kann (§. 261. 2.), so läßt sich auch nach angestellter gehöriger Berichtigung die Verminderung der Schwere gegen den Aequator zu angeben. Die Schweren an den verschiedenen Orten verschiedener Breiten verhalten sich wie die Längen des einfachen Secundenpenduls, die man nach den gehörigen Berichtigungen gefunden hat.

Newtoni princip. philos. natur. III. pr. 20.

§. 266. Eben so lehrt auch die Erfahrung, daß Pendul, die isochronisch schwingen, auf hohen Gegenden kürzer, als in niedrigern seyn müssen; woraus denn folgt, daß die Schwere vom Mittelpuncte der Erde weiter abwärts geringer ist, als bey mehrerer Nähe, und daß diese mehrere Erhöhung wahrscheinlich der Grund ist, warum gegen den Aequator zu isochronische Pendul, auch nach der Correction wegen der Centrifugalkraft (§. 261.), kürzer seyn müssen, als gegen die Pole hin.

Bouguer traité de la figure de terre. à Paris 1749. 4. S. 335 337.

Nach ihm war die Länge des einfachen Secundenpenduls unter dem Aequator

in der Höhe von	2434 Toisen	36 Z.	6,70 L.
= = =	1466 =	36 =	6,83 =
an der Meeresfläche		36 =	7,07 =

Nach der gehörigen Berichtigung sind diese Längen: 36 Z. 6,69 L.; 36 Z. 6,88 L.; 36 Z. 7,21 L.

L 2 Von

Von den erdichteten Versuchen einiger Franzosen, die das Gegentheil darthun sollten, sehe man: *le Sage* im Journal de Physique, T. I. S. 249.; *de Luc* lettres physiques et morales, L. 45. T. II. S. 358.; und Achard physische Schriften, S. 197.

Wurfbewegung.

§. 267. Wenn ein schwerer Körper in einer Horizontallinie, oder in einer andern, die nicht auf dem Horizonte senkrecht ist, in einem freyen Mittel durch irgend eine Kraft fortgeworfen wird, so würde er, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte, in gleichen Theilen der Zeit gleiche Räume nach der Richtung des Wurfes durchlaufen; die Schwere treibt ihn aber senkrecht, nach der Fläche der Erde herab, und der Körper wird also von zwey Kräften zugleich getrieben, deren Richtungen einen Winkel einschließen. Folglich ist die Bewegung des Körpers zusammengesetzt, und seine Bahn würde sich nach dem, was hiervon (§. 87.) gesagt worden ist, leicht finden lassen. Die Kraft der Schwere aber wirkt nicht bloß im Anfange, sondern, als eine stetige Kraft, ununterbrochen, und beschleunigt folglich den Fall des Körpers gleichförmig. Wenn dieser also bey der durch den Wurf erhaltenen Geschwindigkeit als bloß träge im ersten Augenblicke ein Raumtheilchen der geradlinigen, z. B. horizontalen, Bahn fortgeht, so wird er auch während dieser Zeit durch die Schwere herabgetrieben, folglich nach Endigung desselben so tief seyn, als er beym lothrechten Falle seyn würde; nach dem zweyten Augenblicke wird er aber viermal tiefer gesunken seyn (§. 214.), wenn er in der Bewegung nach der Kraft

des

des Wurfes, oder nach der Projectionslinie nur zwey solche Raumtheilchen, als im ersten Augenblicke, fortgerückt ist; nach dem dritten Augenblicke ist er neunmal tiefer gefallen, da er vermöge seiner Geschwindigkeit durch die erstere Kraft wieder nur einen dreyfach so großen Raum, als im ersten Augenblicke, vorgerückt ist; u. s. w. Kurz, der geworfene Körper wird eine krumme Linie beschreiben, worin sich die Absciſſen verhalten wie die Quadrate der Ordinaten, und folglich eine Parabel. Auch dieses Gesetz hat Galilei zuerst entdeckt.

Es werde ein schwerer Punct A (Fig. 38.) in der horizontalen Richtung AH geworfen. Man theile AH in drey gleiche Theile AB, BG, GH, die von dem bloß trägen Körper in gleichen Zeiten zurückgelegt werden würden. Allein so wie die freye Wurfbewegung des schweren Körpers anfängt, sinkt er durch die Schwere hinab. Wir wollen setzen, daß er in dem Zeittheilchen, da er AB ohne Schwere zurücklegen würde, durch diese AK hinabfalle; er wird also die Diagonale AE durchlaufen müssen, folglich sich nach Endigung des ersten Zeittheils in E befinden. Im folgenden Zeittheile würde er nach der Richtung des Wurfes, wenn er nicht schwer wäre, um BG = EM fortgerückt seyn; die Schwere würde ihn aber in diesem zweyten Zeittheile allein 3mal tiefer hinabtreiben, als im ersten, folglich um MF = KP = 3 AK; er durchläuft also die Diagonale des Parallelogramms EMSF, und befindet sich nach Endigung des zweyten Zeittheils in F, also nach der senkrechten Höhe AP = 4 AK hinabgetrieben. Im dritten Zeittheile würde ihn die Kraft des Wurfes um FO = GH fortrücken lassen; er durchfällt aber vermöge der Schwere in diesem Zeittheile den fünffachen Raum FR = 5 AK, und durchläuft also die Diagonale FL, so daß er nach Endigung der drey Zeittheile 9 AK in der senkrechten Höhe AN = HL hinabgesunken ist.

Da die Schwere auf den bewegten Punct nicht bloß in A, E und F, sondern in jedem Puncte seiner Bahn stetig wirkt, so machen auch die Diagonalen AE, EF und FL keine geraden, sondern krumme Linien aus, und die ganze Bahn ist eine krumme Linie, die die Eigenschaften einer Parabel hat: denn wenn man AN für die Achse dieser krummen Linie nimmt, so sind AK, AP und AN die Absciſſen, und KE, PF und NL die Ordinaten. Nun ist vermöge

vermöge der Construction $AK : AP = KE^2 : PF^2 = AB^2 : AG^2$; und $AK : AN = KE^2 : NL^2 = AB^2 : AH^2$.

Galilei dialog. de motu locali. L. B. 1699. 4. IV. th. I.

§. 268. Nicht nur in der horizontalen Richtung, sondern auch in jeder andern, wofern sie nur nicht auf den Horizont senkrecht ist, müssen nach dieser Theorie die geworfenen schweren Körper eine parabolische Bahn haben, und zwar nicht nur bey dem Hinabsinken, sondern auch bey dem Hinaufsteigen, und es läßt sich solchergestalt der Weg, den sie nehmen, und der Ort, wo sie sich in einer gewissen Zeit befinden, bestimmen, wenn man die anfängliche **Geschwindigkeit**, mit der sie geworfen wurden, oder die **Gewalt des Wurfes** (Impetus iactus), so wie den Winkel kennt, den die Richtungslinie mit dem Horizonte macht. In der Luft macht freylich der Widerstand derselben bey großen Wurfsweiten, daß die Bahn des geworfenen Körpers nicht genau parabolisch seyn kann. Auch sind zwar die Richtungslinien der Schwerkraft im eigentlichen Sinne nicht parallel; indessen ist bey kleinen Weiten der Unterschied so gering, daß er nicht in Anschlag kommen kann.

Beyspiele geben: geworfene Steine, Geschützkugeln, und besonders ein springender Wasserstrahl, wenn die Springröhre nicht lothrecht, sondern schief oder horizontal steht.

Eigene Maschinen, um durch Versuche diese Theorie zu bestätigen, beschreiben: *'s Gravesande* elem. physic. §. 543 — 546. §. 1624 — 29.; *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. §. 704.; *Nollet* leçons de physique. VI. S. 212. ff. Exp. 5.; *Bernoulli* in den *nouv. mém. de l' acad. de Berlin* 1780.

Die Theorie geworfener Körper sehe man bey: *Torricelli* de motu proiectorum, in seinen *operibus*. Florent. 1664. 4.; *Blondel* art de jetter les Bombes. à Paris 1683. 4.; *Maupertuis*, in den *Mémoires de l' acad. roy. des sc.* 1731. S. 297.; *Tempelhoff* le bombardier prussien, ou du mon-

mouvement des projettiles. à Berlin 1781. 8.; Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik §. 173. u. ff. Karstens Lehrbegriff der gesammten Mathemat. Th. IV. Mechanik, Abschn XX.; und Anfangsgr. der mathem. Wissenschaften, Th. II. §. 33. ff.

§. 269. Ein schwerer Körper, welcher solchergestalt in einer krummen Linie niederwärts geht, ist am Ende seines Niederfallens in eben der Zeit, als wenn er von der Höhe seiner Wurfbewegung an senkrecht auf die Ebene herabfällt, die er am Ende seines krummlinigen Weges erreicht.

Centralbewegung schwerer Körper.

§. 270. Wenn aber die Richtungslinien der Schwere nicht unter einander parallel, sondern nach einem Mittelpuncte zu gerichtet sind, so wird die Schwere als Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfes, die den schweren Körper von der Richtung der Centripetalkraft abzulenken strebt, zur Tangentialkraft, folglich die Wurfbewegung zu einer wahren Centralbewegung werden (§. 99.). Bey den kleinen Weiten, in der wir auf der Erde die Körper werfen können, fallen sie freylich bey ihrer krummlinigen Bahn auf die Erde zurück; die von ihnen beschriebenen Bogen sind so klein, daß alle von denselben gegen den Mittelpunct der Erde gezogene Linien für parallel gehalten werden können, und daß also die Bahn von einer parabolischen Krümmung, die freylich nicht wieder in sich selbst zurückläuft, dem Ansehen nach entsteht. Es ist aber doch denkbar, daß ein schwerer Körper in einer solchen Erhöhung von der Erde hori-

zon-

zontal geworfen werde, daß die Weite der Bogen so wachse, daß die aus ihnen nach dem Mittelpuncte der Erde gezogenen linien nicht mehr für parallel, sondern für convergirend zu halten sind; dann wird die Bahn nicht parabolisch seyn können, sie wird in sich selbst zurücklaufend werden, und der schwere Körper wird um die Erde herum eine Centralbewegung haben. Wirklich ist auch die Bewegung, welche der Mond um die Erde, und alle Trabanten um ihre Hauptplaneten, so wie diese um ihre Sonne, haben, eine wahre Centralbewegung, und eine Folge derselbigen stetigen Kraft, welche die krummlinige Bahn der geworfenen schweren Körper auf unserer Erde hervorbringt, nämlich der Gravitation. Die Schwere ist die stetig wirkende Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfs, welche die schweren Welten von der Richtung dieser Centripetalkraft nach der Tangente abzulenken strebte, die Tangentialkraft oder Schwungkraft. Diese letztere ist also nicht Folge der Trägheit; denn weil Trägheit keine Kraft ist, so wird sie auch kein Vermögen haben, die schwere Welt von der Richtung der ihr inhärirenden Kraft der Schwere abzulenken. Um also die Centralbewegung der Himmelskörper zu erklären, dürfen wir annehmen, daß sie entweder nach der Richtung der Tangente zuerst durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden wären, und daß die nachher hinzugekommene Schwere sie von jener Richtung nun stetig ablenke; oder daß die gravitirenden Himmelskörper durch eine projectile Kraft nach der Tangente ihrer Bahn mit einer determinirten

minirten Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt würden. So läßt sich denn auch die Frage leicht lösen, ob die Schwungkraft Folge der Trägheit, oder ob sie eine eigene Kraft sey.

Daß es denkbar sey, daß die Bahn geworfener Körper zu einer in sich selbst zurücklaufenden Linie, und nicht etwa zu einer Spirallinie werde, die dem Mittelpuncte immer näher komme, läßt sich leicht beweisen. Jede Geschwindigkeit nach der Richtung der Wurfkraft kann durch die Größe der Tangente ausgedrückt werden, wie z. B. (Fig. 39.) durch Ab, und die Schwerkraft, die nach einem Mittelpuncte, wie nach C, wirkt, durch Ac = bi. Wenn also der schwere Körper aus A gegen T zu geworfen wird, so wird er in eben der Zeit, da er Ab durchläuft, zu gleicher Zeit von der Tangente durch die Schwere um bi oder Ac abgezogen, und also in eben der Zeit, als er nach der Kraft des Wurfs allein Ab durchlaufen würde, vermöge der zusammengesetzten Bewegung den Bogen Ai beschreiben; von da würde er in der folgenden gleich großen Zeit, ohne die Schwere, nach der Tangente bis t fortgehen; treibt ihn aber die Schwere ununterbrochen gegen C, und wird diese Kraft, während daß er in i ist, durch to = io ausgedrückt, so wird er vermöge dieser zusammengesetzten Bewegung in eben dieser Zeit den Bogen in beschreiben; er würde in der dritten Zeit von n gleichförmig nach q fortgehen, wenn die Schwere nicht wäre, wenn nämlich nq = ni gesetzt wird, da aber die Schwere in n ihn zu gleicher Zeit durch np = qr führt, so wird er in eben dieser Zeit durch nr geführt, und so weiter. Weil die Centripetalkraft immer wächst, so wie die Distanzen Ci, Cn, Cr abnehmen, so wird auch der geworfene Körper immer näher gegen C zu kommen, bis er an den untersten Punct E gelangt ist; aber von da an wird er sich nicht mehr C nähern, sondern davon ab- und wieder nach A zurückgehen. Aus der Lehre von der Centralbewegung (§. 101. 1.) ist bekannt, daß die Dreyecke AiC, inC, nrC gleichen Inhalts sind, und eben so auch tEC, dessen Bogen der geworfene Körper an der untersten Stelle durchläuft. An dieser Stelle der krummlinigen Bahn ist die Centripetalkraft am größesten, und sey durch Em ausgedrückt, und verhalte sich gegen Ac umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Mittelpuncte der Gravitation, oder wie $AC^2 : CE^2$. Der Körper würde aus E nach o gleichförmig fortgehen, in eben der Zeit, da er tE beschrieben hat, wenn die Schwere in E zu wirken aufhörte; sie zieht ihn aber um Em = oh nach C zu, daher legt er in eben dieser Zeit den Bogen Eh zurück; von h würde er in der folgenden gleich großen Zeit durch ht weggehen, wenn ihn nicht während dieser Zeit die Schwere nach C ablenkte, und ihn am Ende dieser Zeit bis s zurückgebracht hätte; u. s. f.

Aus

Aus den Richtungen Eo, ht erhellet, daß, wenn der geworfene Körper in E angelangt ist, er von da an keineswegs gegen C zu immer mehr näher komme, sondern daß er vielmehr, weil er in den Puncten E, h, s, G eben dieselbige Centripetalkraft hat, als in den correspondirenden Puncten der gegen über stehenden Hälfte, eben so nach A zurückkehrt, als er sich von da aus entfernte.

Man nehme nun an, daß die Kraft des Wurfes Ab dieselbige bleibe, das Verhältniß der Centripetalkraft oder der Schwere aber größer als Ac, und durch Ad = be ausgedrückt werde, so wird der Körper durch die vereinigte Wirkung beyder Ae durchlaufen. Wird die Schwerkraft noch größer, nämlich = Ag, so wird er in eben der Zeit, da er ohne Schwere Ab durch die Kraft des Wurfes zurücklegen würde, den Bogen Af durch die gemeinschaftlichen Wirkungen durchlaufen. So wie er durch Ab und Ac die Centralbewegung AFEG hat, so wird er durch Ab und Ad, oder durch Ab und Ag, die von AHDI oder AKBL u. s. w. haben.

Scherffer institutiones physicae, P. II. Vindob. 1763. 8. S. 35. ff.

§. 271. Wir können nun von den bisher vorgetragenen Gesetzen der Schwere Anwendung machen auf Centralbewegungen (§. 101.), bey welchen die Schwere als Centripetalkraft wirkt, und so auch auf die wichtige Lehre von der Bewegung der Himmelskörper.

1) Wenn ein schwerer ruhender Körper von der Richtung der Schwere, die auch zur Zeit der Ruhe eben so gut in ihm wirksam ist, als zur Zeit der Bewegung, und seinen Druck hervorbringt, abgelenkt und z. B. nach einer horizontalen Richtung geworfen oder gestoßen werden soll, so wird dazu Kraft erforderlich seyn, und der ruhende schwere Körper wird Widerstand leisten (§. 102.). Es ist leicht begreiflich, daß, wenn der schwere Körper noch einmal so viel schwere Masse hat, als ein anderer, noch einmal so viel Kraft erforderlich seyn werde, um ihn mit eben der Geschwindigkeit in eben der Richtung zu werfen; nicht, weil diese doppelt so schwere Masse doppelt so viel Trägheit habe, und durch dieselbe doppelt so viel Widerstand leiste, sondern weil ihre bewegende Kraft oder ihr Gewicht, mit dem sie nach der Richtung der Schwere drückt, doppelt so groß ist. Wenn nun zwey schwere Körper von ungleicher schwerer Masse in eine Centralbewegung gesetzt, und ihre Geschwindigkeit, so wie ihr Abstand vom Mittelpuncte der Kräfte, gleich angenommen werden, so wird die Centrifugalkraft in dem Körper von größerer schwerer Masse größer seyn, als in dem von kleinerer schwerer Masse; und es wird folglich eine größere Centripetalkraft erfordern, um die

die größere Masse in gleicher Bahn mit gleicher Geschwindigkeit und bey gleichem Abstande vom Centro zu erhalten.

Wenn wir die schweren Massen P, p, und die Centripetalkraft G, g, nennen, so ist, alles gleich gesetzt,

$$G : g = P : p.$$

Es habe nämlich der Körper A von doppelt so viel schwerer Masse, als B, mit diesem bey gleichem Abstande vom Centro und bey gleicher Umlaufszeit eine Centralbewegung. Der Körper A ist = 2 B; in jedem von diesen angenommenen B aber ist die Centrifugalkraft gleich der in dem eigentlichen B, folglich ist die Centrifugalkraft von A zu der in B wie das Gewicht oder die schwere Masse von A zu dem von B.

Wenn daher Wasser und Quecksilber in einer gegen den Horizont geneigten Röhre eingeschlossen sind, und im Kreise herum bewegt werden, so wird dabey das Quecksilber höher stehen, und weiter vom Centro entfernt seyn, als das Wasser.

Eben hieraus läßt sich auch erklären, warum bey dem Kornsiebe die schwerern Körner nach der Peripherie zu, die leichtere Spreu näher nach dem Mittelpuncte des Siebes gesammelt werden.

Muschenbroek §. 730. *Kraft* praelect. phys. I. §. 198.

2) Aus der Verbindung dieses Satzes mit dem oben bey der Centralbewegung S. 65. n. 16. angeführten folgt der allgemeinere für die Centralbewegung schwerer Körper: Die Centralkräfte sind in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der schweren Massen und der Entfernungen vom Mittelpuncte, und dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufszeiten.

Wenn die Centralkräfte G, g, die schwere Masse P, p, die Abstände vom Mittelpuncte D, d, und die Umlaufszeiten T, t, heißen, so ist

$$G : g = \frac{PD}{T^2} : \frac{pd}{t^2}.$$

Wenn also P = p, so ist $G : g = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$, wie oben (S. 65. n. 16.), und ferner $D : d = GT^2 : gt^2$; und wenn G = g, und P = p, so ist die Geschwindigkeit oder $V : v = \sqrt{D} : \sqrt{d} = T : t$, und $V^2 : v^2 = D : d$. Ferner wenn P = p, und T = t, so ist G : g = D : d (s. oben S. 64 n. 13.); und wenn T = t, so ist G : g = PD : pd.

Wenn nun $G : g = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$, so ist T : t = D : d und V = v; ferner, wenn T = t, und $P : p = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$, so ist G = g.

Endlich, wenn P = p, und D = d, so ist $G : g = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$.

Van Swinden I. S. 135. §. 362.

3)

3) Wenn die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte, und die schweren Massen gleich sind, so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen.

Wenn also $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$, so ist $G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

Nach dem oben (S. 65 n. 16.) Angeführten war $G : g = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$; substituiren wir nun hier, nach der Voraussetzung, für T^2 und t^2, D^3 und d^3, so ist $G : g = \frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3} = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

4) Wenn die schweren Massen ungleich sind, so sind, in dem eben angeführten Falle (3), die Centralkräfte im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte.

Dies folgt aus der Verbindung des zweyten und dritten Satzes: und ist diesemnach

$$G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}.$$

5) Wenn ein schwerer Körper in einem Kreise mit eben so großer Geschwindigkeit bewegt wird, als er durch den freyen Fall aus der Höhe des vierten Theils des Durchmessers, oder der Hälfte des Radius des Kreises erhalten würde, so ist seine Centrifugalkraft der Schwere gleich. Wäre der Körper an einem Faden gespannt, und würde er im horizontalen Kreise bewegt, so würde er jenen eben so spannen, als wenn er frey daran herabhinge.

Der Körper werde in einem horizontalen Kreise (Fig. 40.) bewegt. Die Tangente BD sey gleich dem Radius AB. Jener bewegt sich, nach der Voraussetzung, in der Circumferenz des Kreises mit einer Geschwindigkeit, welche er durch den senkrechten Fall CB = ½ AB erlangen würde. Die durch diesen Fall erlangte Geschwindigkeit würde ihn in eben der Zeit durch den doppelten Raum von CB, oder durch BD gleichförmig führen (§. 217.) Wenn er also in B losgelassen würde, so würde er in eben dieser Zeit den Raum BD gleichförmig zurücklegen. Man nehme von BD irgend einen kleinen Theil BE, und ziehe durch das Centrum des Kreises die gerade Linie EAH, die den Kreis in F schneidet. Es sey ferner $DB^2 : BE^2 = CB : CG$. Wenn wir also die Zeit, in welcher der Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit durch CB fällt, durch die Linie BD ausdrücken können, so wird BE die Zeit der beschleunigten Bewegung durch CG ausdrücken, weil die Räume, welche schwere Körper bey dem Falle durchlaufen, den Quadraten der Zeiten proportional sind. In der Zeit nämlich, in welcher der schwere Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit aus C in B fällt, kann er mit der in B erhaltenen Endgeschwindigkeit bey der gleichförmigen Bewegung 2CB, das ist, BD, durchlaufen. Die Zeit, in der er BD gleichförmig

durch-

durchläuft, ist zu der durch BE, wie BD zu BE. Weil sich nun die Quadrate dieser Zeiten verhalten wie die Räume, welche schwere Körper herabfallen, so ist $BD^2 : BE^2 = CB : CG$. Es würde also der Raum CG mit der bey dem Falle beschleunigten, und BE mit der gleichförmigen Geschwindigkeit, die der Körper in der Kreisbewegung hat, in gleicher Zeit beschrieben werden. Wenn ferner der Körper in B von der Centripetalkraft losgelassen würde, so würde er in E mit gleichförmiger Geschwindigkeit in eben der Zeit ankommen, als der Punct B der Circumferenz in F anlangt, weil wir BE für den Bogen BF gleichgeltend nehmen können, indem BE unendlich klein angenommen wird. Wir können also sagen, daß der Körper eine Fliehkraft habe, um von dem Puncte B durch den Raum FE in der Zeit zu gehen, in der er mit der Geschwindigkeit seiner Kreisbewegung durch den Raum BE gleichförmig gehen würde, d. h., in der Zeit, in der er bey dem Falle durch CG mit beschleunigter Geschwindigkeit gehen würde. Wenn also erwiesen ist, daß die Räume EF und CG gleich sind, so wird auch erwiesen seyn, daß die Fliehkraft, oder das Bestreben des Körpers, in der Kreisbewegung vom Faden mit beschleunigter Bewegung fortzugehen, dem Bestreben desselben zum Sinken, das er durch seine Schwere hat, gleich sey, weil dieses Bestreben der beschleunigten Bewegung dann gleich ist, wenn durch diese in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden. Daß aber $CG = FE$ sey, wird auf folgende Art bewiesen: Es ist $HE : EB = EB : EF$, oder $HF : FB = FB : FE$ und $BF = EB$, weil BE klein genug angenommen wird. Also ist $HE^2 : EB^2 = HE : EF$, oder $HE^2 : HE = EB^2 : EF$. Da wir den Bogen BF klein genug annehmen, so können wir auch $HE = HF$ setzen. Nehmen wir nun den vierten Theil der ersten Glieder der Proportion, wodurch das Verhältniß nicht verändert wird, so ist $\frac{HE^2}{4} : \frac{HE}{4} = EB^2 : EF$, oder $\frac{HE^2}{4} = AF^2$, und $\frac{HE}{4}$ oder $\frac{HF}{4} = BC$; es ist also $AF^2 : BE^2 = BC : EF$; da nun $AF^2 = BD^2$, so ist $BD^2 : BE^2 = BC : EF$. Es war aber nach der Construction $BD^2 : BE^2 = BC : CG$; es ist also $BC : CG = BC : EF$, und also $EF = CG$.

Huygens de vi centrifuga, in seinen operib. posth. S. 118. *Muschenbroek* §. 736.

Es läßt sich hieraus erklären, warum aus einem mit Wasser gefüllten offenen Gefäße, wenn es vermittelst eines Stricks im verticalen Kreise mit einer gewissen Geschwindigkeit umhergeschwungen wird, nichts herauslaufe, wenn gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith seines Kreislaufs gekommen ist, mit seiner Oeffnung senkrecht auf dem Horizonte steht.

Ferner läßt sich hieraus beweisen, daß ein Körper auf dem Aequator der Erde 17mal geschwinder bewegt werden müsse,

müsse, als die Erde um ihre Achse, wenn er eine Fliehkraft erhalten soll, die der Schwere gleich ist. Denn nach dem eben vorgetragenen Satze müßte die Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde so groß seyn, als die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmesser $\left(\frac{R}{2}\right)$ der Erde gehörige Geschwindigkeit, wenn die Fliehkraft der Schwere gleich seyn sollte. Die zu dieser Höhe gehörige Geschwindigkeit aber ist (§. 223.) $250 \sqrt{\frac{R}{2}} = 125 \sqrt{2 R}$. Nach Piccards Messung ist der Erdhalbmesser 19615791 paris. Fuß = 20302343 rheinl. Fuß. Da wir für R Tausendtheilchen des rheinl. Fußes nehmen müssen, so finden wir für $125 \sqrt{2 R} = 25188250$, oder die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmesser gehörige Geschwindigkeit ist so groß, daß der darin begriffene Körper 25188250 Tausendtheilchen des rheinländischen Fußes in jeder Secunde gleichförmig durchlaufen würde. Bey der Umdrehung der Erde um ihre Achse hingegen durchläuft jeder Punct auf dem Aequator in einer Secunde 1426,5 paris. Fuß = 1476,427 rheinl. Fuß, oder 1476427 Tausendtheilchen des rheinl. Fußes; folglich ist die Geschwindigkeit, die zur Fallhöhe aus dem halben Radius der Erde gehört, zur Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde wie 25188250 : 1476427, oder fast wie 17 : 1.

6) Die schönste und erhabenste Anwendung der Lehre von der Centralbewegung und Schwere ist die auf unser Planetensystem. Die Uebereinstimmung derselben mit den Phänomenen des letztern gewährte die völligste Ueberzeugung von der Richtigkeit und Wahrheit der Copernicanischen Weltordnung. Die Sonne steht im Centro unseres Planetensystems; um sie bewegen sich die Hauptplaneten, mit ihren Trabanten oder Monden. Kepler entdeckte nun, was die nachfolgenden Beobachtungen stets bestätigt haben: 1) daß die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne laufen, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht; 2) daß die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenräume durchlaufen, die den Zeiten proportional sind, (s. oben S. 60. n. 1.) *); und 3) daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten sich verhalten wie die Würfel der mittlern Entfernung von der Sonne **). Die Beobachtungen lehren ferner, daß die Nebenplaneten oder Monde um ihre Hauptplaneten dieselbigen Gesetze befolgen, als die letztern um die Sonne; und endlich, daß sogar die Kometen in ihren sehr länglichen elliptischen Bahnen diesen Gesetzen unterworfen sind. Newton machte die erhabene Anwendung der Gesetze der Schwere auf die Bewe-

*) *Io. Kepleri* Astronomia nova αἰτιολογητος, s. physica caelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Prag. 1609. Fol.

**) *Io. Kepleri* epitome astronomiae Copernicanae, Lincii 1618. 18. Harmonicae mundi libri V. Linc. 1619. Fol.

Bewegung der Himmelskörper. Er bewies, was die Vergleichung der Beobachtungen mit der Theorie völlig bestätigt: 1) daß die Planeten in ihren Bahnen durch eine Kraft zurückgehalten werden, die bey den Hauptplaneten gegen die Sonne, bey den Nebenplaneten gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie sich bewegen; 2) daß diese Centripetalkraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen von der Sonne sey, oder von dem Hauptplaneten, wenn von Nebenplaneten die Rede ist; 3) daß auch dies von den Kometen gelte, die in sehr länglichen Ellipsen sich um die Sonne bewegen; und 4) daß die Kraft, die alle und jede Planeten und Kometen um die Sonne, und die, welche die Trabanten um ihre Hauptplaneten treibt, eine und dieselbige sey. Er bewies, 5) daß die Kraft, die die Planeten in ihren Bahnen erhält, wie die Schwere, eine gleichförmig beschleunigende Kraft sey, und zeigte zuerst an dem Monde, daß die Kraft, die ihn in seiner Bahn um die Erde erhält, die Schwerkraft gegen die Erde sey. Es sey (Fig. 14.) A der Mond, der um die Erde C getrieben wird, und der um dieselbe eine Centralbewegung hat. Die Centrifugalkraft sucht ihn beständig von seiner Bahn AGFE abzulenken, und die Centripetalkraft gegen C hält ihn stetig darin zurück. Der mittlere Abstand CA, oder der Halbmesser der Mondsbahn, beträgt etwa 60 Erdhalbmesser, wovon wir jeden nach Piccard auf 19615791 paris. Fuß setzen wollen. Die Umlaufszeit des Mondes um die Erde ist nahe 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten, oder 39343 Minuten. Er durchläuft also in einer Minute einen Bogen Ab (Fig. 11.), der $\frac{360}{39341}$ Grade, oder nahe 33″ beträgt. Man weiß das Verhältniß der Centripetalkraft Aa zum Radius AC, wenn man das Verhältniß des Quersinus Aa des Bogens Ab von 33″ zum Radius hat. Dies letztere ist = 12798 : 1000000000000. Dies ist also das Verhältniß der Centripetalkraft, die den Mond binnen einer Minute von der geradlinigen Bahn seiner Tangente ablenkt, zum Halbmesser seiner Bahn. Da nun der Mond etwa 60 Erdhalbmesser, oder 1176947460 paris. Fuß von dem Mittelpuncte der Erde absteht, so ist Aa, oder die Kraft, mit welcher der Mond gegen den Mittelpunct der Erde binnen einer Minute zu strebt, $= \frac{12798 \cdot 1176947460}{1000000000000} = 15{,}052$ paris. Fuß; und folglich eben so viel, als ob ein schwerer Körper in A binnen einer Minute mit einer Beschleunigung von 15,052 Fuß fiele. Wenn sich nun die Schwerkraft umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernungen, so muß die Schwerkraft des Mondes gegen die Erde, da er 60 Erdhalbmesser vom Centro der Erde absteht, 60^2 mal geringer, oder $\frac{1}{3600}$ der Beschleunigung der Schwere an der Oberfläche seyn; und weil sich die von schweren Körpern bey dem Falle durchlaufenen Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten, so muß $1 : 60^2 = 15{,}052 : x$ die Wirkung der Schwere auf der Oberfläche der Erde binnen einer Minute seyn. x oder $60^2 . 15{,}052$ F. kommt auch mit der aus andern Erfahrungen gefundenen Beschleunigung der Schwere an der Erdfläche so ziemlich und wenigstens so überein, als man es in solchen Fällen nur erwarten kann, zumal da das angeführte Maaß des Halbmessers der Mondsbahn wirklich größer ist, als wir es hier angenommen haben,

ben, und der Mond nicht mit seiner ganzen Centripetalkraft gegen die Erde wirkt, sondern ein Theil davon durch die Wirkung gegen die Sonne aufgehoben wird. Es ist also die Gravitation unserer schweren Körper zu der Gravitation des Mondes gegen die Erde, wie $60^2 : 1$, oder wie das Quadrat der mittlern Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde zum Quadrate der Entfernung der Körper auf der Fläche der Erde von ihrem Mittelpuncte.

Hieraus zog nun Newton den Schluß: 1) daß die Centripetalkraft des Mondes eben so gegen die Erde wirke, als die irdische Schwerkraft; 2) daß sie mit dieser einerley sey; und 3) daß die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe. Er machte weitere Anwendungen für die Planeten und ihre Trabanten, und stützte darauf das System der allgemeinen Schwere oder Gravitation, das seinen Namen unsterblich gemacht hat. 4) Daß die Kraft, die alle Planeten, so wohl die Hauptplaneten als die Nebenplaneten, und dann auch die Kometen in ihren Bahnen erhält, einerley sey mit der Schwere, und nach denselbigen Gesetzen wirke, als diese auf der Erde; und daß alle Planeten und Kometen gegen die Sonne, die Nebenplaneten aber gegen ihre Hauptplaneten und gegen die Sonne, nach eben denselbigen Gesetzen gravitirten, oder schwer wären, oder angezogen würden, als die irdischen Körper gegen die Erde.

Isaac Newton philosophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4.

La Lande astronomie, §. 999.

7) Newton blieb hierbey nicht stehen, sondern machte von seinen schönen Entdeckungen noch weitere, sehr sinnreiche Anwendungen zur Bestimmung der beschleunigenden Kraft der Schwere auf der Oberfläche der Planeten, des Verhältnisses der schweren Masse derselben, und der Dichtigkeit dieser Masse; wovon ich hier nur kurz die Resultate anführen will.

Die Schwere (g) auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere (G) seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittlern Abstandes (D) dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers (R) des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittlern Abstandes des Trabanten dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit (T) und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten. Es ist also

$$g = \frac{GD^2}{R^2} \text{ oder } g = \frac{D^3}{T^2 R^2}.$$

Die Sonne kann hierbey für einen Hauptplaneten; die Hauptplaneten aber können für ihre Trabanten gehalten werden.

Muschenbroek §. 743. *Van Swinden* I. S. 154. §. 420.

8) Die schweren Massen der Planeten (P, p) verhalten sich wie die Würfel der mittlern Entfernungen (D, d) von ihren Trabanten, dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Trabanten, oder

P

$$P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2}.$$

9) Aus der Anwendung dieses Satzes (8) auf den vorigen (7) folgt dann auch, daß die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhalte wie die schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, oder

$$g = \frac{P}{R^2}.$$

10) Endlich die Dichtigkeit (Δ) der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich wie der Würfel der mittlern Entfernung seines Trabanten dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten, und den Würfel des Halbmessers des Planeten (R); oder kürzer, sie verhält sich wie die Schwere auf der Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser.

$$\Delta = \frac{D^3}{T^2 . R^3}; \text{ oder } \Delta = \frac{g}{R}.$$

La Lande astronomie, §. 1018. 1022.

11) Außer den angeführten Bewegungen der Planeten und Kometen um ihre Sonne, und der Trabanten um ihren Hauptplaneten, sind noch als Folgen der allgemeinen Gravitation anerkannt und erwiesen: 1) die Ebbe und Fluth, wovon, als einem irdischen Phänomene, die weitere Erklärung noch vorkommen wird, 2) die Ungleichheit des Mondslaufes, 3) das Vorrücken der Nachtgleichen, 4) das Wanken der Erdachse, 5) die Perturbationen des Laufes der Planeten, 6) der ungleiche Lauf der Kometen, 7) das Abnehmen der Schiefe der Ekliptik, 8) die Bewegung der Apsidenlinien aller Planeten, 9) die Bewegung aller Knotenlinien, 10) die Ungleichheiten des Laufes der Jupitersmonden, und 11) die Rotation des Ringes vom Saturn; deren nähere Bestimmung und Erklärung für die Astronomie gehört. So ist also der Nutzen der Kenntniß des allgemeinen Gesetzes der Gravitation von dem ausgebreitetsten Umfange, und im Grunde die Basis der neuern Astronomie.

La Lande astronomie §. 999.

12) Durch die Umdrehung der Planeten um ihre Achse erhalten die Theile ihrer Masse eine Fliehkraft, deren Richtung auf der Achse der Umdrehung senkrecht ist, die daher unter dem Aequator am größesten seyn, gegen die Pole zu abnehmen, und in diesen endlich ganz verschwinden muß. Diese Fliehkraft verhält sich unter dem Aequator der Erde zur Schwere daselbst, wie 1 : 289.

Es sey (Fig. 41.) Bb ein Bogen, der unter dem Aequator binnen einer Zeitsecunde durchlaufen wird, und welcher 15 Secunden beträgt. Der Halbmesser des Aequators TB, der nach Bouguer 19681717,3 paris. Fuß beträgt, verhält sich zu Cb, oder der Fliehkraft, wie der Radius von 10000000000 zum Quersinus des Bogens von 15 Secunden, der binnen einer Zeitsecunde durchlaufen wird, oder zu

2644. Cb beträgt also $\frac{19681717,3.2644}{1000000000000}$ Fuß = 0,052038.. Fuß oder 7,496 Linien. Der Raum bd hingegen, der durch die Schwere binnen einer Secunde unter dem Aequator durchlaufen wird, ist nach der Berechnung von §. 264. aus der Pendullänge unter dem Aequator (§. 262), 2167,414 Linien. Folglich verhält sich die Fliehkraft zur Schwere unter dem Aequator wie 7,496 Linien : 2167,414 Lin., oder wie 1 : 289.

Nach einer allgemeinen Regel bestimmt man die Fliehkraft unter dem Aequator eines Planeten nach folgender Formel. Die Fliehkraft (z) verhält sich zur Schwere (g) daselbst, wie der Cubus des Halbmessers (R) des Planeten mit dem Quadrate der Umlaufszeit (T) seines Trabanten multiplicirt zu dem Cubus der mittlern Entfernung des Trabanten (D) mit dem Quadrate der Umdrehungszeit (τ) des Planeten um seine Achse, oder $z : g = R^3 . T^2 : D^3 . \tau^2$.

Van Swinden I. S. 157. §. 431.

13) Diese Fliehkraft vermindert die Schwerkraft, und zwar am mehresten unter dem Aequator, weil sie hier der Richtung der Schwere gerade entgegengesetzt ist; weniger in größern Breiten nach den Polen zu, weil sie hier schief der Schwerkraft entgegen wirkt, und also nur ein Theil von ihr der letztern direct entgegen ist. Dieser Theil ist desto kleiner, je mehr der Sinus des Complements der Breite kleiner ist, als der Sinus totus. Ueberhaupt ist die Verminderung, welche die Schwerkraft an verschiedenen Orten von der Fliehkraft erleidet, zu der, die sie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Cosinus der Breite des Orts zum Quadrate des Halbmessers der Erde.

La Lande astron. §. 459. Vergl. mit §. 261. 2.

14) Weil die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, und an den Polen abgeplattet ist, so wird ein schwerer Körper unter dem Aequator, auch noch aus dieser Ursach, unabhängig von der Fliehkraft, wegen der größern Entfernung vom Mittelpuncte der Erde, eine geringere Beschleunigung haben, als gegen die Pole zu (6). Die Länge des einfachen Secundenpenduls wird daher, auch nach der Berichtigung wegen der Fliehkraft, unter dem Aequator kleiner seyn, als in den größern Breiten nach den Polen zu (§. 262.). Dennoch können auch noch andere Ursachen dazu beytragen.

Viertes Hauptstück.
Phänomene schwerer fester Körper.

Schwerpunct fester Körper.

§. 272.

Man nehme einen dünnen platten Körper von regelmäßiger Gestalt und schiebe ihn auf einer Spitze hin und her, so wird man endlich einen Punct finden, in welchem der Körper auf der Spitze ruhet, und durch dessen Unterstützung der Körper vor dem Fallen auf jeder Seite bewahrt wird.

§. 273. Dieser Punct heißt der **Schwerpunct** oder der **Mittelpunct der Schwere** (Centrum gravitatis). Wenn drey schwere Puncte in gerader Linie neben einander, durch Cohäsion mit einander verbunden sind, so sieht man leicht ein, daß die senkrechte Unterstützung des mittlern sie alle vor dem Falle sichern wird, wenn die Cohäsion der Puncte zur Seite des unterstützten durch ihr Gewicht nicht getrennt werden kann. Der schwere Punct diesseits und jenseits des unterstützten drückt gleich stark nach unten, es kann daher keiner eher sinken, als der andere, und durch die Cohäsion wird er verhindert, sich loszureißen vom unterstützten. Es bleibt daher das ganze System unterstützt. Ferner leidet die Unterstützung eben so viel

Druck, als wenn auf sie ein Gewicht drückte, das der Summe des Gewichts aller schweren Theile gleich wäre. Es ist also eben so gut, als ob die Schwere aller einzelnen Theile, oder ob das ganze Gewicht des Systems im unterstützten Puncte vereinigt wäre. Eben deswegen nennt man ihn den **Schwerpunct**. Es ist leicht einzusehen, daß das, was ich von drey in einer geraden Linie verbundenen schweren Puncten angeführt habe, auch von zweyen gelte, wenn sie in der Mitte der geraden Linie, die sie bilden, senkrecht unterstützt werden; und daß, wenn eine gewisse Anzahl schwerer Puncte des festen Körpers einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben, auch die um Eins größere Anzahl einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben werde, folglich auch bey vier, fünf, sechs, u. s. w. schweren Puncten derselbe angenommen werden könne. Kurz, in jedem festen Körper läßt sich ein Punct annehmen, um welchen herum alle Körpertheilchen auf der einen Seite so viel Gewicht haben, als die auf der entgegengesetzten Seite, und dieser gemeinschaftliche Schwerpunct liegt so, daß, wenn alle Körpertheilchen, die auf der einen Seite liegen, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist der Summe ähnlicher Producte für die Theilchen auf der andern Seite desselben.

§. 274. Wenn die schwere Masse eines Körpers durch seinen ganzen Raum gleichförmig verbreitet ist, so haben gleich große Theile desselben auch gleiches Gewicht, und der **Mittelpunct der Größe** oder der

Figur

Figur des Körpers wird dann auch sein Schwerpunct seyn. Der Mittelpunct einer solchen Kugel wird also ihr Schwerpunct seyn; bey einem Cylinder und bey einem geraden Prisma wird er in der Mitte der Achse liegen. Sehr dünne Scheiben kann man als schwere Ebenen betrachten, die es freylich im geometrischen Sinne nicht geben kann. In diesem Sinne kann man von dem Schwerpuncte eines Dreyecks, eines Kreises, und dergl. reden. Wenn man aus zwey Winkeln eines Dreyecks auf die Mitte der gegen über stehenden Seitenlinien gerade linien zieht, so ist der Durchschnittspunct dieser linien der Schwerpunct des Dreyecks; und wenn man aus irgend einem Winkel eines Dreyecks eine gerade linie auf die Mitte der gegen über stehenden Seitenlinie zieht, so liegt der Schwerpunct in dieser linie $\frac{2}{3}$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die linie zog (Fig. 27.). In einer Pyramide und in einem Kegel liegt der Schwerpunct in der Achse, und zwar in der Entfernung von $\frac{3}{4}$ derselben von der Spitze; in einer Halbkugel $\frac{3}{8}$ in der Höhe der senkrechten linie aus dem Mittelpuncte der Grundfläche gezogen.

Karstens Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Th. I. B. II. S. 49. ff.

§. 275. Wenn ein gerader Cylinder, ein gerades Prisma, eine gerade Pyramide, oder ein gerader Kegel, oder eine Halbkugel lothrecht stehen, so wird jeder Punct der Grundfläche von dem Gewichte aller Theilchen gedrückt, die sich lothrecht darüber befinden; es ist also eben so viel, als wenn die Grundfläche selbst schwer,

schwer, und das Gewicht derselben durch den Raum dieser Fläche gleichförmig vertheilt wäre. Mithin werden auch diese Körper unterstützt seyn, wenn der Mittelpunct ihrer Grundfläche lothrecht unterstützt ist.

Karstens Anfangsgr. der Naturl. §. 39.

§. 276. Wenn der Schwerpunct eines festen Körpers lothrecht unterstützt ist, so kann der Körper selbst nicht herabsinken, und der ganze Körper wird vor dem Falle geschützt. Wenn hingegen die Verticallinie vom Schwerpuncte gezogen außerhalb der Unterstützung liegt, so fällt der Körper, und zwar nach der Seite hin, wo der Schwerpunct liegt. Es ist im ersten Falle gar nicht nöthig, daß der Schwerpunct selbst unmittelbar gehalten werde, was in vielen Fällen gar nicht einmal anginge; so kann z. B. bey einer festen Kugel ihr Mittelpunct, wenn er ihr Schwerpunct ist, nicht unmittelbar unterstützt werden, weil die ihn allenthalben umgebende Masse derselben es hindert. Es braucht nur ein Punct A oder B (Fig. 28.) unterstützt zu seyn, der in der Verticallinie AB liegt, welche durch den Schwerpunct C in der Richtung der Schwere geht. In dieser Richtung wird der Schwerpunct durch die Schwere gegen den Horizont zu sollicitirt, und eine Kraft, die dem Gewichte des Körpers in dieser Richtung vollkommen widersteht, wird das Fallen des Schwerpunctes, folglich des ganzen Körpers, verhüten. Diese Richtung ACB heißt die **Directionslinie des Schwerpunctes**, oder die mittlere Richtung der Gewichte aller schweren Theile des Körpers.

§. 277.

§. 277. Wenn ein schwerer Körper so aufgehängt wird (Fig. 28.), daß der Mittelpunct der Bewegung mit dem Mittelpuncte der Schwere C übereinkommt, und der Körper sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht weichen könnte, so wird es in jeder Lage ruhen, und es ist eben so gut, als ob alle übrige Theile außerhalb des Aufhängungspunctes keine Schwere hätten.

§. 278. Wenn der unterstützte Punct, an welchem der Körper hängt, höher liegt als der Schwerpunct, und z. B. der Körper (Fig. 28.) in dem Puncte A unterstützt wird, so ist der Körper nur dann in Ruhe, wenn der Aufhängungspunct A in einer geraden Linie mit der Directionslinie CB des Schwerpunctes C liegt. Der Körper kann in diesem Zustande des Gleichgewichts sich nicht um A drehen, ohne daß sein Schwerpunct nicht stiege. Bey einer Abweichung, auch bey der geringsten, der geraden Linie AC von der verticalen Richtung wird sich der Körper bewegen, und von selbst in die Lage zu versetzen streben, in welcher AC vertical, oder in der Directionslinie des Schwerpunctes CB ist. **Der Schwerpunct eines aufgehängten oder sonst beweglichen Körpers sinkt also immer herab, und zwar so tief als er kann.** Er nimmt also unter allen möglichen Stellen jederzeit die niedrigste ein, die er erhalten kann, ohne vorher zu steigen.

Hierauf gründet sich auch die Methode, den Schwerpunct mechanisch zu finden.

§. 279.

§. 279. Wenn B der unterstützte Punct ist (Fig. 28.), und niedriger liegt, als der Schwerpunct C, so kann kein beharrliches Gleichgewicht Statt finden, sondern es verursacht die geringste Abweichung der geraden Linie BC von der Directionslinie des Schwerpunctes, daß der Körper umfallen, und sich in eine andere Lage versetzen muß, worin die Directionslinie seines Schwerpunctes entweder senkrecht unterstützt ist, oder andere Ursachen sein Fallen verhindern.

Eine Kugel kann auf einer waagerechten Ebene in jeder Lage ruhig liegen, weil diese die Directionslinie des Schwerpunctes senkrecht unterstützt; die geringste Abweichung der Ebene von der horizontalen Lage macht, daß die Kugel darauf herabrollt.

Es ist zwar an sich möglich, daß ein Kegel auf seiner Spitze ruhen kann, wenn seine Achse vollkommen lothrecht steht; aber die allerkleinste Abweichung von dieser lothrechten Richtung würde ihn zum Umfallen bringen.

Karstens Anfangsgr. der Naturw. §. 42.

§. 280. Wenn die Directionslinie des Schwerpunctes innerhalb der unterstützten Grundfläche eines Körpers fällt, so kann der Körper nicht durch sein eigenes Gewicht umfallen. Wenn aber die Directionslinie außerhalb der unterstützten Grundfläche fällt, so fällt der Körper um, und zwar nach der Seite hin, wohin der Schwerpunct liegt. Es ist im ersten Falle nicht nöthig, daß alle Puncte der Grundfläche unterstützt sind, sondern die unterstützten Puncte brauchen nur die Winkelpuncte einer ebenen geradlinigen Figur auszumachen, wenn man sie mit geraden Linien zusammenzieht, und die Verticallinie durch den Schwerpunct oder die Directionslinie desselben muß eine Stelle der waagerechten Ebene treffen, die innerhalb der Gränzen jener Figur liegt.

Ein Tisch auf drey Füßen steht fest, und fester als auf vieren, weil jene allemal in einerley Ebene fallen, welches bey vieren nicht der Fall ist, wenn der Boden nicht völlig waagerecht ist, und alle Füße genau gleich lang sind.

§. 281. Aus der Anwendung der Theorie vom Schwerpuncte lassen sich verschiedene Phänomene und Versuche erklären. Dahin gehören:

1) Die Erscheinungen des **chinesischen Purzelmannes.**

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 508.

2) Die Einrichtung und Wirkung eines **Wegmessers**, oder **Hodometers.**

Sigaud de la Fond élémens de Physique T. II. §. 277; dessen Anweisung zur Experimentalphys. §. 122. a.

3) Die **Lampe** des **Cardanus.**

Sigaud a. a. O. §. 76.

4) Die Stellung einiger Gebäude, die zu fallen scheinen, und doch sicher stehen, wie z. B. der Thürme zu **Pisa** und **Bologna.**

Casatus mechanica. L. B. 1684. 4. I. c, 9.

5) Der Mechanismus des Stehens, Gehens, Aufstehens und der verschiedenen Beugungen bey Menschen und Thieren.

Petrus Borellus de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18-22. *Desaguliers* course of experimental philosophy. II. §. 44.

Beym Menschen geht die Directionslinie seines Schwerpuncts, wenn er auf zwey Füßen steht, durch das Perinäum.

6) Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene.

Desaguliers a. a. O. II. §. 38. A. G. Kästners Untersuchung des Cylinders, der sich eine schiefe Fläche hinauf zu wälzen scheint; im 1. B. der deutschen Schriften der königl. Soc. d. W. zu Göttingen S. 113.

7) Ein doppelter Kegel, der über zwey schiefen Flächen hinaufwärts zu rollen scheint.

Geo. *Wolfg. Kraft* explicatio experimenti paradoxi de adscensu coni duplicis in altum spontaneo; in den *comment. Petrop.* T. VI. S. 389.

8) Die Künste der Balanceurs und Aequilibristen.

Gehlers physikal. Wörterbuch, Th. III. S. 933.

9) Das Aufhängen eines Eimers voll Wasser an die Klinge eines Messers, das frey auf einem Tische liegt.

Sigaud a. a. O. §. 281.; dessen Anweisung zur Experimentalphys. §. 124.

10) Allerley andere Spielwerke, wie der kleine Seiltänzer von Holz, die kleinen Männchen von Kork unten mit Bley, die von selbst aufstehen, u. dergl.

Schwenters mathematische Erquickstunden, B. 1. Th. 9. Aufg. 5. 6. 7.

Gleichgewicht fester Körper.

§. 282. Eine gerade unbiegsame Linie AB (Fig. 43.), oder cB (Fig. 44.), ohne Schwere, und in einem gewissen Puncte so unterstützt, daß sie sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht in Bewegung zu kommen vermag, und an der man sich zwey wirkende Kräfte vorstellen kann, heißt ein Hebel (Vectis), und zwar ein mathematischer geradliniger Hebel; sonst aber, wenn die Linie selbst schwer ist, ein physischer Hebel. Der unterstützte Punct c heißt der Ruhepunct, oder Bewegungspunct (Centrum

trum motus); das, was ihn unterstützt, wie f (Fig. 43.), die **Unterlage** (Fulcrum, Hypomochlium), die auch manchmal zur **Ueberlage** wird (Fig. 44.), oder auch als **Zapfen** anzusehen ist. Die **Kräfte** (*Potentiae*), die den Hebel in der entgegengesetzten Richtung zu drehen streben, heißen nach ihrer verschiedenen Bestimmung die **Kraft** (Vis) und die **Last** (Onus), die man sich auch als ziehende Gewichte vorstellen kann.

§. 283. Wenn der Ruhepunct (Fig. 43.) am Hebel zwischen den beyden Puncten A und B, an welchen die Gewichte angebracht sind, oder zwischen der Kraft und der Last liegt, so heißt er ein **Hebel der ersten Art**, oder ein **doppelarmiger Hebel** (Vectis heterodromus); wenn aber die Stellen, woran die entgegengesetzten Kräfte angebracht sind, beyde an Einer Seite des Ruhepuncts liegen, (wie Fig. 44. und 45.), so ist er ein **Hebel der andern Art**, oder **ein einarmiger Hebel** (Vectis homodromus). Bey dem erstern gehen die beyden Kräfte nach verschiedenen Seiten, wenn er sich bewegt; bey diesem gehen sie beyde nach einerley Seite. Es sind vom Hebel der andern Art zweyerley Gattungen: eine, wo die Last in der Mitte ist, zwischen dem Ruhepuncte und der Kraft; und eine, wo die Kraft zwischen dem Ruhepuncte und der Last liegt.

Beyspiele von physischen Hebeln der ersten Art geben die gemeinen Hebebäume, der Geisfuß der Maurer, die Krämerwaage, die Schnellwaage, Scheren, Zangen.

Beyspiele von Hebeln der zweyten Art: der ersten Gattung: die Ruder eines Schiffes, ein Schiebkarren; der zweyten Gattung: eine Schaufel, eine Senie, ein Arm des menschlichen Körpers, wenn er eine Last hebt.

§. 284.

§. 284. Gleiche Gewichte F und D (Fig. 43.), die am doppelarmigen Hebel AB in gleichen Entfernungen vom Ruhepuncte c frey hängen, erhalten einander im **Gleichgewichte** (§. 83.). Ungleiche Gewichte hingegen in gleichen Entfernungen erhalten einander nicht im Gleichgewichte; das größere zieht das kleinere in die Höhe (§. 84.).

§. 285. Die Unterlage f (Fig. 43.) trägt bey dem doppelarmigen Hebel AB die Summe der Gewichte D und F, die an beyden Seiten ziehen, und im Gleichgewichte stehen. Wenn daher statt der Unterlage eine Kraft der Richtung der Schwere des Ruhepunctes entgegen zöge, so würde der Hebel ebenfalls unterstützt seyn, und es würde alles ruhen.

§. 286. Nimmt man in diesem letztern Falle (§. 285.) das Gewicht D an dem einen Arme des Hebels Ac weg, und befestigt dagegen diesen Punct A, oder giebt ihm eine unbewegliche Ueberlage (Fig. 44.), so wird er ein einarmiger Hebel; aber er bleibt doch in Ruhe, obgleich die Kraft F an dem andern Ende B nur halb so groß ist, als die Kraft P, die ihn in der Mitte in der entgegengesetzten Richtung AK zieht. Die einfache Kraft F hält also bey der doppelten Entfernung Bc = 2 Ac der doppelten Kraft P bey der einfachen Entfernung Ac das Gleichgewicht. Auf eine ähnliche Art läßt sich dieses auch am doppelarmigen Hebel beweisen. Denn man könnte diesen einarmigen Hebel cAB jenseits der Ueberlage f um die Hälfte cA verlängern, die Ueberlage wieder zur Unterlage machen, wie Fig. 46., und das

das doppelte Gewicht P an das Ende G des verlängerten Arms aufhängen, das nun mit dem vorigen, nach der engegengesetzten Richtung in A ziehenden, doppelten Gewichte im Gleichgewichte stehen würde. Da dieses aber mit dem einfachen F vorher (Fig. 44.) im Gleichgewichte war, so muß auch nun bey dem doppelarmigen Hebel (Fig. 46.) das einfache Gewicht F bey der doppelten Entfernung cB = 2 dem doppelten Gewichte P bey der einfachen Entfernung cG = 1 das Gleichgewicht halten.

Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel leitete Cartesius aus dem im folgenden §. 292. angeführten Satze her; Varignon aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (Nouvelle mécanique ou statique. à Paris. 2 Vol. 4.). Ich habe hier den von Hrn. Kästner gegebenen, weit evidentern, Beweis kurz mitgetheilt. Die weitere Ausführung sehe man in dessen Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4.

Die Anwendung des Grundsatzes des Archimedes auf beyde Arten von Hebel, den doppelarmigen so wohl als den einarmigen, sehe man in: Observations of the fundamental property of the lever, with a proof of the principle assumed by *Archimedes* in his demonstration, by *S. Vince*; in den *phil. Transact.* 1794. P. I. S. 33. ff.

§. 287. Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am mathematischen Hebel jeder Art heißt diesemnach: **Die senkrecht am Hebel wirkenden Kräfte sind im Gleichgewichte, wenn ihr Verhältniß in umgekehrter Ordnung einerley ist mit dem Verhältnisse ihrer Entfernungen vom Ruhepuncte**; oder: Die Kraft ist vermögend, die Last zu erhalten, wenn sie sich dazu verhält, wie die Entfernung der Last vom Ruhepuncte zu der Entfernung der Kraft von demselben.

So ist also Fig. 46. F im Gleichgewichte mit P, wenn F : P = Gc : Bc, und Fig. 44. F im Gleichgewichte mit P, wenn F : P = Ac : Bc.

§. 288. Das Product, welches gefunden wird, wenn man die Last oder Kraft, oder überhaupt die Gewichte, mit ihrer Entfernung vom Ruhepuncte multiplicirt, heißt das **Moment der Last oder Kraft. Kraft und Last erhalten einander im Gleichgewichte am Hebel, wenn ihre Momente gleich sind.**

Wenn (Fig. 46.) F 2 Pf. und P 4 Pf. beträgt, so muß, wenn Gleichgewicht Statt finden soll, (nach §. 286.), Bc : Gc = 4 : 2 seyn. Wenn wir nun diese Entfernungen vom Ruhepuncte Bc = 4 und Gc = 2 mit den in B und G applicirten Gewichten F und P multipliciren, so erhalten wir 2 . 4 = 4 . 2, also gleiche Momente. Weil nämlich im Zustande des Gleichgewichts F : P = Gc : Bc, so ist auch F × Bc = P × Gc.

§. 289. Wenn die Richtungen der Kräfte am Hebel nicht senkrecht darauf wirken, wie wir bisher angenommen haben, sondern unter einem schiefen Winkel, so ist die aus dem Ruhepuncte auf die Richtungslinie gezogene Perpendicullinie für die Entfernung der Kräfte vom Ruhepuncte zu halten, und es ist Gleichgewicht da, wenn die Producte der Kräfte in diese Entfernungen, oder wenn die Momente gleich sind.

Es sey AcB (Fig. 47.) ein doppelarmiger Hebel, auf den die Kräfte R und P in den schiefen Richtungen AR und BP wirken. Hier sind die auf diese Richtungen aus dem Ruhepuncte gezogenen Perpendicul cD und cE für die Entfernungen dieser Kräfte vom Ruhepuncte zu halten, und es ist Gleichgewicht da, wenn R : P = Ec : Dc, oder wenn R × Dc = P × Ec. Man kann sich nämlich vorstellen, daß das rechtwinklige Dreyeck cDA um c gedreht werden könne; in diesem Falle wird die Kraft R, bey D an die Linie AD angebracht, mit dem Momente R × Dc wirken. Da sie nun das ganze Dreyeck cAD eben so stark mitdreht, wenn sie cD dreht, so muß sie es auch in Ansehung cA thun; folglich ist das Moment, womit sie auf cA wirkt, = R × cD. Was von cA gilt, gilt auch von cB.

§. 290. Einerley Potenzen, die an einerley Puncte des geradlinigen Hebels applicirt sind, aber unter verschiedenen Richtungen darauf wirken, müssen sich, wenn sie gleich stark darauf wirken sollen, umgekehrt wie die Sinus der Winkel verhalten, den ihre Richtungen mit dem Hebel machen.

Wenn also an dem einarmigen Hebel cA (Fig. 48.) zwey Kräfte R und P an einerley Puncte A angebracht sind, und unter den schiefen Richtungen AR und AP wirken, so kann nur dann Gleichgewicht erfolgen, wenn R : P = cP : cR, oder wenn R $\times$ cR = P $\times$ cP.

Wenn die Kraft S (Fig. 47.) senkrecht auf den Hebelsarm cB wirkt, und mit R im Gleichgewichte ist, so ist S : P = cE : cB, d. i., wie der Sinus des Winkels cBP oder cBE zum Sinus totus.

§. 291. Eine Kraft am Hebel vermag also, bey übrigens gleichen Umständen, mehr, wenn sie senkrecht, als wenn sie schief darauf wirkt.

§. 292. Die Bogen, durch welche die Aufhängungspuncte der am Hebel im Gleichgewichte stehenden Gewichte bewegt werden können, verhalten sich wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte; und es ist also einerley Kraft nöthig, ein einfaches Gewicht durch einen doppelten, dreyfachen, u. s. w. Raum zu führen, als ein doppeltes, dreyfaches u. s. w. Gewicht durch den einfachen Raum; oder die Geschwindigkeit des einfachen Gewichts ist zweymal, dreymal u. s. w. größer, als die Geschwindigkeit des doppelten, dreyfachen u. s. w. Gewichts. So viel man also durch weitere Entfernung der Kraft vom Ruhepuncte des Hebels an der Kraft erspart, so viel verliert man an der Geschwindigkeit der Last.

Gesetzt, an dem doppelarmigen Hebel AcB (Fig. 49.) sey in B eine Kraft applicirt, die viermal weiter vom Ruhepuncte

te c entfernt ist, als die Last in A von c, so wird sie zwar viermal kleiner zu seyn brauchen, als die Last in A, um ihr das Gleichgewicht zu halten; aber sie wird die Last in A nur durch den einfachen Raum Aa heben, während sie den vierfachen Raum Bb durchläuft. Denn Bb : Aa = cB : cA. Wenn in dem Puncte B das einfache Gewicht, und in dem Puncte A das vierfache Gewicht angebracht wäre, so würden sie im Gleichgewichte seyn, weil 4 . cA = 1 . cB. Aber bey der Bewegung des Hebels würde der Raum, den A durchläuft, zu dem, welchen B in eben der Zeit beschreibt, sich verhalten wie 1 : 4. Es wären also die Producte aus den Gewichten in ihre respectiven Geschwindigkeiten proportional; folglich wäre gleiche Größe der Bewegung da, und also Gleichgewicht. Hierauf eben beruht der Cartesianische Satz vom Gleichgewichte der Kräfte am Hebel (§. 286. Anm.).

§. 293. Bey dem **physischen Hebel**, welches jeder wirkliche Hebel ist, kommt das Gewicht seiner Arme selbst in Betracht. Man kann ihn aber leicht auf einen mathematischen zurückbringen, wenn das Gewicht seiner Arme bekannt ist, das man nur im Schwerpuncte derselben vereinigt annehmen, und aus der Entfernung dieses Schwerpunctes vom Ruhepuncte leicht berechnen kann, wie viel Gewicht am kürzern Arme nöthig sey, um das Gleichgewicht des Schwerpunctes vom längern Arme zu erhalten.

Bestätigung durch Versuche mit Leupolds Universalwaage.

Auch läßt sich hieraus leicht erklären, warum bey einem auf einem scharfkantigen Tische freyliegenden Stocke eine ziemliche Last an das kurze hervorragende Ende des Stocks gehängt werden kann.

Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegungen der Gliedmaßen, und der durch sie zu überwältigenden Lasten vermittelst der Muskeln. (*Petri Borelli* oben (§. 281 ⸗) angeführtes Werk; *Parent* Recherches de Mathematique et Physique. à Paris, 1713. T. II. S. 631. ff., S. 662. ff., und 694. ff., T. III. S. 335.; ingleichen Gehlers physik. Wörterb. Th. III. S. 295. ff.)

§. 294. Die Gesetze des geradlinigen Hebels lassen sich leicht auf den **Winkelhebel** oder **gebrochenen Hebel** (Vectis angularis), die **Rolle** oder **Scheibe**

be (Trochlea), den **Flaschenzug** (Polyspastus), das **Rad an der Welle** (Axis in peritrochio) anwenden. Die nähere Bestimmung und weitere Ausführung der Lehre von denselben gehören aber eigentlich für ein Lehrbuch der angewandten Mathematik.

Stoß fester Körper.

§. 295. Wenn ein schwerer Körper auf einer horizontalen Tafel liegt, und darauf bey seiner Bewegung die Friction nicht in Anschlag gebracht wird, oder, wenn er an einem Faden aufgehängt ist, so wird Kraft nöthig seyn, ihn in Bewegung zu setzen; das heißt, die zu seiner Bewegung angewandte Kraft wird eine Verminderung erleiden, und er wird Widerstand leisten, um aus Ruhe in Bewegung zu kommen, nicht wegen seiner Trägheit, wie man sich gewöhnlich die Sache vorstellt, sondern, weil er von der Richtungslinie der Schwere stetig abgelenkt werden soll, wie bey der Wurfbewegung. Wir müssen hier nun noch die Gesetze, welche die solcher Gestalt durch den Stoß bewegten Körper befolgen, näher betrachten. Diese Gesetze werden durch besondere Eigenschaften der Körper, je nachdem sie entweder **rigide**, oder **federhart**, oder **weich** sind, modificirt. Nun giebt es zwar in der Natur keine bloß rigiden Körper, die nicht zugleich auch Federkraft (§. 127.) hätten, und die Gesetze des Stoßes der erstern können daher nur unvollkommen durch Erfahrung bestätigt werden; wir können uns aber doch hier bey der allgemeinen Betrachtung der Körper jene Eigenschaf-

ten als abgesondert vorstellen, um so allgemein mögliche Fälle zu erhalten, nach denen die wirklichen bestimmt werden.

§. 296. Der Stoß findet Statt auf eine dreyfache Art: 1) zwischen einem sich bewegenden und einem ruhenden Körper; 2) zwischen zwey Körpern, die sich nach einerley Richtung bewegen, der nachfolgende aber mit größerer Geschwindigkeit, als der erstere vorangehende; und 3) zwischen zwey Körpern, die sich nach entgegengesetzter Richtung bewegen.

§. 297. Da die Größe der Bewegung eines widerstehenden Körpers nicht allein von der Masse, sondern auch von der Geschwindigkeit desselben abhängt (§. 105.); so muß auch bey der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß auf beyde Rücksicht genommen werden, und ferner auch darauf, ob der Stoß gerade oder schief (§. 39.) geschieht. Wir betrachten hier nur den erstern.

§. 298. Bey dem geraden Stoße vollkommen rigider Körper finden folgende Gesetze Statt, die sich aus dem Vorhergehenden leicht erklären lassen:

1) Wenn ein vollkommen harter unelastischer Körper auf einen andern vollkommen harten unelastischen, welcher fest und unbeweglich ist, stößt, so ruhen beyde nach dem Stoße.

2) Ist der ruhende auch beweglich, so vertheilt sich die Geschwindigkeit des bewegten unter beyde nach dem Verhältnisse ihrer schweren Massen oder Gewichte, oder: die Geschwindigkeit beyder nach dem Stoße ist gleich der Größe der Bewegung des stoßenden

den

den Körpers durch die Summe der schweren Massen oder der Gewichte dividirt.

Wenn wir die Gewichte oder die schweren Massen P, p, die Geschwindigkeiten vor dem Stoße C, c, und nach dem Stoße z nennen wollen, so ist $z = \frac{C.P}{P + p}$.

3) Wenn sich beyde Körper nach einerley Richtung bewegen, so können sie nur dann auf einander wirken, wenn sich der vorangehende mit geringerer Geschwindigkeit bewegt. Dann wird nach dem Stoße die Geschwindigkeit des anstoßenden kleiner, und die des gestoßenen größer werden müssen, und die Geschwindigkeit beyder wird gleich seyn der Summe der Größen der Bewegungen, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

Es ist diesemnach $z = \frac{CP + cp}{P + p}$.

4) Wenn sich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, so müssen sie nach dem Stoße ruhen, wenn die Größen ihrer Bewegung gleich waren; d. h., wenn entweder die Geschwindigkeit bey gleich schweren Massen gleich war, oder die Producte der schweren Massen durch die Geschwindigkeiten bey beyden gleich waren.

5) Sind aber bey dieser entgegengesetzten Richtung die Größen der Bewegung in beyden ungleich, so gehen beyde Körper nach dem Stoße in der Richtung desjenigen Körpers fort, der die größere Bewegung hatte, und zwar muß die Geschwindigkeit beyder dann gleich seyn der Differenz der Größen der Bewegung beyder Körper, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

Digitized by Google

Es ist also $z = \frac{CP - cp}{P + p}$.

Bestätigung durch Versuche mit Thonkugeln, die an der Luft mäßig getrocknet worden sind.

Um diese Versuche mit Sicherheit und Bequemlichkeit anstellen zu können, hat man eigne Vorrichtungen, die unter dem Namen der Percussionsmaschine oder der Stoßmaschine des Mariotte bekannt sind. (De la percussion ou choc des corps, in den *Oeuvres de Mariotte*, à la Haye 1740. T. I.) 's Gravesande (Physices elem. mathemat. L. I. c. 23.) und Nollet (Leçons de physique T. I. Leç. 4. Sect. 3.) haben solche Maschinen umständlich beschrieben.

Wenn man die sich stoßenden Kugeln in Bogen, wie Pendul, fallen läßt, so verhalten sich die Geschwindigkeiten an der untersten Stelle nur dann nahe wie die Bogen selbst, wenn diese sehr klein sind; bey größern Bogen hingegen kann man die Geschwindigkeiten keinesweges durch die Bogen selbst messen, sondern jene verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den senkrechten Fallhöhen (§. 213. 3.)

Zur Entwickelung der Theorie dieser Gesetze des centralen Stoßes harter oder rigider Körper müssen wir auf die Gesetze der reinen Bewegungslehre zurückgehen.

1) Gesetzt, der gestoßene Körper ist nach dem zweyten Falle ruhend und beweglich, so wird der stoßende auf den ruhenden als auf einen Widerstand wirken, und von seiner Größe der Bewegung so viel verlieren müssen, als der Widerstand des ruhenden beträgt. Er wird also genau den Theil seiner Kraft verlieren, der erforderlich ist, den ruhenden nach dem Stoße mit der Geschwindigkeit zu bewegen, mit dem er selbst nach dem Stoße noch seine Bewegung fortsetzt. Es ist nämlich klar, daß dieselbige Kraft, die die einfache widerstehende Masse mit der einfachen Geschwindigkeit bewegt, die doppelte Masse mit der halben Geschwindigkeit, die dreyfache Masse mit dem dritten Theile dieser einfachen Geschwindigkeit bewegen werde, und überhaupt mit einer Geschwindigkeit, die der zu bewegenden Masse umgekehrt proportional ist. Bey dem Zusammentreffen der stoßenden Masse und der ruhenden gestoßenen machen nun beyde zusammen eine vergrößerte widerstehende Masse aus, die nicht mehr von der vorigen Kraft mit derselbigen Geschwindigkeit bewegt werden kann. Nun ist beym Zusammentreffen keine andere Kraft da, als die der stoßenden Masse inhärirt, folglich wird die Geschwindigkeit der stoßenden Masse vor dem Stoße zur gemeinschaftlichen Geschwindigkeit beyder Massen nach dem Stoße sich verhalten, umgekehrt, wie die Summe der Massen zu der stoßenden Masse. Wenn also die stoßende Masse P, die ruhende p, und die Geschwindigkeit der stoßenden C heißt, so ist $z : C = P : P + p$, folglich $z = \frac{PC}{P + p}$, wie nach (2).

Ist $P = p$, so wird $z = \frac{1}{2}C$.

Wenn

Wenn man die einzelnen beweglichen Massen mit der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit nach dem Stoße, oder mit z, multiplicirt, so wird die Größe der Bewegung beyder zusammen so seyn, wie die Größe der Bewegung vor dem Stoße war, also ungeändert. Denn $z \cdot P + z \cdot p$ $= \frac{PC}{P + p} \cdot P + \frac{PC}{P + p} \cdot p = PC.$

II) Ist die ruhende Masse unbeweglich, so ist sie als unendlich groß gegen die stoßende anzusehen, und die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße wird als unendlich klein verschwinden; sie werden also beyde nach dem Stoße ruhen (1).

III) Wenn die Masse p nicht ruhend, sondern auch in Bewegung ist, und zwar mit einer Geschwindigkeit c, in einerley Richtung, als P; so kann natürlicher Weise kein Stoß geschehen, wenn $c = C$, welcher nur geschehen kann, wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit c vorangeht, und P mit der größern Geschwindigkeit C nachfolgt. P kann aber in diesem Falle nicht mit seinem ganzen C, sondern nur mit dem Ueberschusse seiner Geschwindigkeit, oder mit $C - c$, wirken. Zu der gemeinschaftlichen Größe der Bewegung, die beyde Massen haben, wird also noch der Ueberschuß der Größe der Bewegung $[(C - c)P]$ der größern hinzukommen und unter beyde Massen gleichförmig vertheilt werden. Es ist also nach dem Stoße

$$z = \frac{(C - c)P + Pc + pc}{P + p} = \frac{PC - Pc + Pc + pc}{P + p}$$

$= \frac{PC + pc}{P + p}$, wie angegeben ist (3).

Die Geschwindigkeit, welche p gewinnt, ist $= \frac{CP + cp}{P + p} - c = \frac{CP - cP}{P + p}$, und die Geschwindigkeit, welche P verliert, ist $= C - \frac{CP + cp}{P + p} = \frac{Cp - cp}{P + p}$.

Die Größe der Bewegung beyder nach dem Stoße ist wie die Summe der einzelnen Größen der Bewegung vor dem Stoße. Denn $zP + zp = \frac{PC + pc}{P + p} P + \frac{PC + pc}{P + p} p$ $= PC + pc.$

IV) Wenn beyde bewegliche Körper in entgegengesetzter Richtung mit gleichen Kräften, d. i., mit gleicher Größe der Bewegung, an einander stoßen, wenn nämlich $PC = pc$, oder $P : p = c : C$; so kann keine Bewegung erfolgen, sondern beyde Bewegungen müssen nach dem Gesetze des §. 83. sich wechselseitig aufheben (4).

V) Wenn aber bey dieser entgegengesetzten Richtung PC und pc ungleich sind, so muß das Gesetz des §. 84. eintreten. Es sey nämlich $PC > pc$, so wird es einen gewissen Theil x der Geschwindigkeit C geben, der mit P multiplicirt eine

eine Größe der Bewegung $Px = pc$ macht. Beyde würden sich gegen einander aufheben, und also Ruhe hervorbringen, wenn die Körper mit den Kräften Px und pc gegen einander direct stießen. Es ist nun noch ein Theil d von der Geschwindigkeit übrig, oder $d = C - x$, der die Größe der Bewegung Pd hervorbringt, die sich dann unter die beweglichen Massen P und p vertheilt und sie in Bewegung nach der Richtung von C versetzt. Die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße, oder z, ist also $= \frac{Pd}{P + p}$. Weil nun $Px = pc$, so ist auch $P : p = c : x$, und also $x = \frac{pc}{P}$. Da nun $d = C - x$, so ist auch $d = C - \frac{pc}{P} = \frac{PC - pc}{P}$. Wenn wir nun diesen Werth von d in der ersten Formel dafür substituiren, so ist $z = \frac{PPC - Ppc}{PP + Pp} = \frac{PC - pc}{P + p}$ (5).

Die Größe der Bewegung nach dem Stoße ist $= PC - pc$, wie man leicht finden wird, und also gleich der Differenz der Größen der Bewegung vor dem Stoße. Wenn man aber die Größen der Bewegung nach einerley Richtung, nämlich nach der Richtung der größern Kraft, nimmt; so ist die schwächere in Ansehung dieser stärkern negativ, und dann ist die Größe der Bewegung vor und nach dem Stoße für gleich zu achten.

§. 299. Beym geraden Stoße federharter (§. 126.) oder so genannter elastischer Körper kommt noch in Betracht, daß von einer äußern auf sie wirkenden Kraft ihre Theile zusammengedrückt werden, aber auch mit eben der Kraft zugleich zurückwirken, und also dadurch Veränderungen in der Bewegung hervorbringen. Aus den Kräften des Stoßes und der Zurückwirkung federharter Körper, (deren Federkraft wir hier gleich stark annehmen,) entspringen folgende Gesetze:

1) Wenn ein elastischer Körper an einen andern gleich elastischen ruhenden und unbeweglichen anstößt, so springt er mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück.

2)

Digitized by Google

2) Wenn der ruhende Körper beweglich und von gleichem Gewichte ist, so bekommt er die ganze Geschwindigkeit des stoßenden, und dieser ruhet dagegen.

3) Wenn hingegen der ruhende bewegliche Körper von ungleichem Gewichte ist mit dem bewegten, so ist die neue Geschwindigkeit des anstoßenden zur vorigen wie die Differenz der Gewichte zu ihrer Summe, und die Geschwindigkeit des angestoßenen wie das doppelte Gewicht des anstoßenden zu beyden Gewichten.

4) Wenn sich zwey elastische Körper von gleichem Gewichte nach einerley Richtung bewegen, und zwar wie §. 298. Nr 3., so werden sie beyde nach dem Stoße zwar nach einerley Richtung zu gehen fortfahren, aber mit verwechselten Geschwindigkeiten.

5) Wenn sich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen und die Größe ihrer Bewegung gleich groß ist, so werden sie mit eben der Geschwindigkeit von einander zurückspringen, mit der sie gegen einander liefen.

6) Ist aber bey diesem Falle die Geschwindigkeit ungleich, das Gewicht aber gleich, so verwechseln sie nach dem Stoße ihre Geschwindigkeiten beym Zurückspringen.

Bestätigung durch Versuche mit elfenbeinernen Kugeln.

1) Zur Entwickelung der Theorie wollen wir erst den Fall (2) setzen. Der stoßende Körper würde dem ruhenden die Hälfte seiner Geschwindigkeit ertheilen, wenn sie beyde bloß hart und von gleichem Gewichte wären, wie vorhin erwiesen ist. Da sie beyde elastisch sind, so erleiden sie einen Eindruck, der in dem gestoßenen demjenigen Theile der Größe der Bewegung oder der Gewalt des stoßenden proportional war, den dieser zur Ueberwältigung des ruhenden anwenden mußte. Dies war die Hälfte der Größe seiner Bewegung

gung oder seiner Geschwindigkeit, weil wir gleiche Gewichte oder schwere Massen annehmen. Nach Vollendung des Stoßes stellt sich nun dieser Eindruck wieder her, und zwar mit eben der Kraft, mit der er veranlaßt wurde. Da aber der stoßende in der Richtung widersteht, in welcher sich der Eindruck des gestoßenen wieder herstellen will, so verliert dadurch der stoßende noch die andere Hälfte der Geschwindigkeit, die er übrig behalten würde, wenn beyde Körper bloß hart wären, und wird also ruhend; oder der stoßende verliert doppelt so viel Größe der Bewegung, als er verloren haben würde, wenn beyde Körper bloß hart gewesen wären. Der stoßende erleidet auch einen Eindruck, der dem Widerstande des gestoßenen und also dem Eindrucke proportional war, welchen dieser erlitt, also auch gleich der Hälfte der Gewalt, mit der er den ruhenden bewegte. Mit eben dieser Gewalt stellt sich der Eindruck wieder her, und ertheilt dadurch dem ruhenden noch einmal so viel Geschwindigkeit. Der ruhende erlangt also doppelt so viel Größe der Bewegung, als er erlangt haben würde, wenn beyde Körper bloß hart, aber nicht elastisch gewesen wären.

II) Hieraus können wir nun allgemeinere Bestimmungen fest setzen. Es heiße das Gewicht des stoßenden elastischen Körpers P, seine Geschwindigkeit C, das Gewicht des elastischen ruhenden p. Die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße, oder Z, würde $\frac{PC}{P+p}$ seyn, wenn beyde Körper nicht federhart wären (§. 298. 2.); die Größe seiner Bewegung wäre dann $\frac{PPC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße, oder von $PC = \frac{PC}{P+p} P + \frac{pC}{P+p} P$ (§. 298. Anm.), abziehen, so bleibt $\frac{PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung, die er durch den Widerstand des ruhenden verlor. Da er aber, weil er und der ruhende elastisch sind, durch die Reaction, wie vorhin gezeigt wurde (I), doppelt so viel Größe der Bewegung verliert, so ist die verlorne Größe der Bewegung $\frac{2PpC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC}{P+p} + \frac{PpC}{P+p}$ abziehen, so bleibt $\frac{PPC - PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung des stoßenden elastischen Körpers nach dem Stoße, und es ist seine Geschwindigkeit, oder $Z, = \frac{PC - pC}{P+p} = \frac{(P-p)C}{P+p}$. Es verhält sich also $Z : C = P - p : P + p$; oder die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße ist zur Geschwin-

schwindigkeit desselben vor dem Stoße wie die Differenz der Massen zu ihrer Summe (3).

Die Geschwindigkeit des ruhenden p nach dem Stoße wäre auch $= \frac{PC}{P + p}$, wenn beyde Körper unelastisch und bloß hart wären, und seine Größe der Bewegung $\frac{pPC}{P + p}$ (§. 298. Anm.); da er aber elastisch ist, so wird durch die Reaction die Größe der Bewegung desselben nach dem Stoße $= \frac{2pPc}{P + p}$, und folglich die Geschwindigkeit $z = \frac{2PC}{P + p}$. Es ist also $z : C = 2P : P + p$; oder die Geschwindigkeit des gestoßenen ist zur Geschwindigkeit des stoßenden wie das doppelte Gewicht des stoßenden zur Summe der Gewichte beyder (3).

III) Ist $P = p$, so ist Z oder $\frac{PC - pC}{P + p} = 0$, und z oder $\frac{2PC}{P + p} = C$; oder der stoßende ruhet nach dem Stoße, und der gestoßene bekommt die ganze Geschwindigkeit des stoßenden (2).

IV) Wenn $P > p$, so ist $Z = \frac{PC - pC}{P + p}$ eine positive Größe; wenn aber $P < p$, so wird Z negativ: z oder $\frac{2PC}{P + p}$ ist aber immer positiv. Wenn also der stoßende weniger Gewicht hat als der ruhende, so springt er nach dem Stoße vom letztern mit der Geschwindigkeit Z zurück; der gestoßene aber wird nach der Richtung des stoßenden bewegt.

V) Wenn die Masse des ruhenden p fest und unbeweglich ist, so ist sie gegen den stoßenden P als unendlich groß anzusehen; in diesem Falle verwandelt sich die Geschwindigkeit Z des stoßenden nach dem Stoße, oder $\frac{PC - pc}{P + p}$, in $\frac{PC - \infty C}{P + \infty} = - C$, oder der stoßende wird mit derselben Geschwindigkeit reflectirt, mit der er anstieß (1). Die Geschwindigkeit der unendlich großen gestoßenen Masse nach dem Stoße wäre $\frac{2PC}{P + \infty}$, oder unendlich klein, oder für nichts zu nehmen.

VI) Wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit c vorangeht, und P folgt mit der größern Geschwindigkeit C nach, so wird der Stoß nur mit $C - c$ geschehen können (§. 298. Anm. III.). Wenn die Körper nicht elastisch wären, so würde p durch den bloßen Stoß allein zur Größe der Bewegung $\frac{Pp(C - c)}{P + p}$ erhalten; wegen der Reation durch

Elasti-

Elasticität erhält p aber $\frac{2Pp(C-c)}{P+p}$, die zu seiner eignen Größe der Bewegung pc noch hinzukommt. Daher ist die ganze Größe der Bewegung von p nach dem Stoße $\frac{2Pp(C-c)}{P+p} + pc = \frac{2PpC - 2Ppc + Ppc + ppc}{P+p} = \frac{2PpC - PpC + ppc}{P+p}$, und seine Geschwindigkeit z $= \frac{2PC - Pc + pc}{P+p}$. Der elastische Körper P verliert von der Größe seiner Bewegung $\frac{2Pp(C-c)}{P+p}$ (I. und II.); wenn wir dies von seiner Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC + PpC}{P+p}$ abziehen, so bleibt zur Größe der Bewegung nach dem Stoße $\frac{PPC + PpC - 2PpC + 2Ppc}{P+p}$ $= \frac{PC - PpC + 2Ppc}{P+p}$. Dieses stoßenden P Geschwindigkeit Z aber ist $\frac{PC - pC + 2pc}{P+p} = \frac{(P-p)C + 2pc}{P+p}$. Wenn nun P = p ist (4), so wird in den angeführten Formeln, die den Werth von Z und z ausdrücken, P + p = 2P, P − p = 0; daher wird die erste Formel von z verwandelt in C, und die von Z in c; das heißt, die gleichen Gewichte verwechseln nach dem Stoße ihre respectiven Geschwindigkeiten (4).

VII) Wenn P und p in entgegengesetzter Richtung mit den Geschwindigkeiten C und c an einander stoßen, so werden die vorigen Formeln (VI) auch hier ihre Anwendung finden, nur daß c dem C entgegengesetzt, und also in Rücksicht desselben negativ genommen werden muß. Die Geschwindigkeit von p nach dem Stoße, oder z, verwandelt sich also in $\frac{2PC + Pc - pc}{P+p} = \frac{2PC + (P-p)c}{P+p}$, und zwar nach der Richtung, in welcher P vor dem Stoße bewegt wurde; und die von P, oder Z, in $\frac{(P-p)C - 2pc}{P+p}$, und zwar in der Richtung von C.

Wenn nun hierbey PC = pc, so ist z = c in der Richtung von C, und Z = − C; oder die Körper springen mit eben der Geschwindigkeit zurück, mit der sie anstießen (5).

Wenn P = p, so ist z = C in der Richtung von C, und Z = − c; sie verwechseln folglich nach dem Stoße ihre Geschwindigkeiten in entgegengesetzter Richtung (6).

Wenn (P − p) C = 2pc, so wird, wie die Formel leicht giebt, Z = 0; folglich bleibt P nach dem Stoße in

Ruhe,

Ruhe, und z wird C + c, in der Richtung von C, oder springt mit der Geschwindigkeit C + c zurück.

Wenn endlich (P — p) C > 2pc, so bleibt, wie man leicht sieht, Z positiv, oder der Körper P geht mit der Geschwindigkeit Z in der Richtung seiner vorigen Geschwindigkeit C fort.

In allen Fällen bey dem Stoße elastischer Körper bleiben die Summen der respectiven Größen der Bewegung vor und nach dem Stoße gleich.

Man sehe *Car. Scherffer* institutiones physicae, P. I. Vindob. 1763. 8. S. 136 ff., dem ich hierbey in den Erklärungen ganz gefolgt bin.

§. 300. Bey **weichen** Körpern finden dieselben Gesetze des Stoßes Statt, als bey harten Körpern, nur daß sie zugleich ihre Figur ändern, welches bey harten Körpern der Fall nicht ist und daß die Veränderung der Bewegung in eine andere, oder in Ruhe, nicht plötzlich, sondern erst nach und nach geschieht.

§. 301. Wenn ein Körper einen andern nicht unmittelbar anstößt, sondern durch einen oder mehrere andere dazwischen liegende Körper von einerley Beschaffenheit, so kann man jeden dazwischen liegenden als einen stoßenden und gestoßenen Körper ansehen, und hieraus die erfolgte Wirkung leicht beurtheilen. So pflanzt sich der Stoß durch eine Reihe gleich elastischer Kugeln bis zu der äußersten fort: und läßt man an mehrere dergleichen elastische Kugeln von einerley Gewicht eine andere von gleichem Gewichte anstoßen, so wird die letzte von allen nach §. 299. Nr. 2. mit der Geschwindigkeit abspringen, welche die erstere hatte, und diese wird ruhen; läßt man zwey anstoßen, so werden die zwey letzten abspringen, u. s. w.

§. 302.

§. 302. Wenn die Reihe der elastischen Kugeln so ist, daß die folgende Kugel immer halb so schwer ist, als die zunächst vorhergehende, und die erste mit einer Geschwindigkeit = C anstößt, so erhält, wie sich nach §. 299. Nr. 3. leicht berechnen läßt, die zweyte die Geschwindigkeit = $\frac{4}{3}$ C, die dritte die Geschwindigkeit von $\frac{4}{3}$mal $\frac{4}{3}$ C = $(\frac{4}{3})^2$ C, u. so fort, so daß z. B. die hundertste eine Geschwindigkeit von $(\frac{4}{3})^{99}$. C erhalten würde, die also mehr als 2 Billionenmal grösser seyn würde, als die Geschwindigkeit C der ersten stoßenden Kugel. Es versteht sich, daß hierbey in dem ganzen Systeme der stoßenden Kugeln der Stoß immer als gerade angenommen wird.

Es ist Log. $(\frac{4}{3})^{99}$ = 99 . Log. $\frac{4}{3}$. Man nehme also

Log. 4 = 0,602059991
Log. 3 = 0,477121254
Log. $\frac{4}{3}$ = 0,124938737.

Nimmt man nun (100 — 1). Log. $\frac{4}{3}$, so erhält man bequem 99 . Log. $\frac{4}{3}$; nämlich: 124938737
0,1249387
Log. $(\frac{4}{3})^{99}$ = 123689350.

Die Zahl, welcher dieser Logarithme zugehört, fällt zwischen 233850000000 und 233860000000.

Grundlehren der angew. Mathem. von Joh. Heinr. Voigt. Jena 1794. §. 190.

§. 303. Wenn ein elastischer Körper auf einen andern harten unbeweglichen senkrecht stößt, so wird er mit eben der Geschwindigkeit reflectirt, mit welcher er anstieß, und zwar, wie leicht einzusehen ist, in der entgegengesetzten Richtung. Eben dies erfolgt, wenn der ruhende unbewegliche Körper elastisch ist und ein harter unelastischer auf ihn stößt. Der letztere wird natürlicher Weise ebenfalls mit gleicher Geschwin-

digkeit

digkeit nach der entgegengesetzten Richtung zurückgeworfen werden.

Ein Ball springt von der Mauer ab; eine elfenbeinerne Kugel von dem Steine; aber auch eine nicht-elastische Kugel von einer gespannten Saite.

§. 304. Wenn ein elastischer Körper auf einen harten ruhenden unbeweglichen, oder auch umgekehrt, ein harter auf einen ruhenden unbeweglichen elastischen Körper in schiefer Richtung aufstößt, so wird er wieder in der entgegengesetzten schiefen Richtung zurückgeworfen, und **der Reflexionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.**

Es sey AB (Fig. 42.) eine harte unbewegliche Fläche, gegen welche ein elastischer Körper in der schiefen Direction CD in D anstößt. Die Bewegung des anstoßenden Körpers kann angesehen werden, als ob sie aus der Zusammensetzung der Kräfte CA und CE entspränge. Da nun jede Wirkung nur nach der Perpendiculärlinie erfolgt (§ 95.), so wird, wenn C in D angelangt ist, nur die Kraft CA = ED wirksam seyn können, und nach der entgegengesetzten Richtung dieser Kraft wird der elastische Körper durch den vollkommenen Widerstand der Fläche in D einen Eindruck erleiden. Dieser Eindruck stellt sich mit eben der Gewalt wieder her, womit er veranlaßt wurde, so bald der Stoß geschehen ist; folglich würde der Körper von D nach E wieder zurückgeschnellt werden; aber die Kraft CE = DB ist noch ungeschwächt, ist noch nicht verwendet, weil sie keinen Widerstand fand, da sie parallel mit der Fläche ging. Der Körper wird also, wenn die Wirkung des Stoßes in D vollendet ist, wieder durch zwey Kräfte getrieben, nämlich durch DE und DB, und durchläuft also die Diagonale DF des Parallelogramms DEFB.

Der Winkel CDE heißt der Einfallswinkel (Angulus incidentiae), der Winkel EDF der Zurückprallungs- oder Reflexionswinkel (Angulus reflexionis). Beyde Winkel sind sich gleich, weil in beyden Dreyecken CED und EDF die Seiten CE und ED den Seiten FE und ED gleich sind, und der rechte Winkel CED = FED; folglich sind die Dreyecke gleich, und also der Winkel CDE = EDF.

Beyspiele liefert das Abspringen der auf das Wasser sehr schief geworfenen Steine.

§. 305. Von den bisher vorgetragenen Gesetzen des Stoßes zwischen elastischen Körpern und zwischen harten und elastischen Körpern laßen sich Anwendungen auf das **Billard** machen. Die elfenbeinernen Kugeln sind gegen das Polster der Banden der Tafel als vollkommen hart, und dieses allein ist als elastisch anzusehen; daher wird auch beym Anstoße der Kugel an die Bande der Erfolg so seyn, wie er nach §. 303. und 304. seyn muß, und die Kugel, die z. B. in der schiefen Direction von F nach D (Fig. 42.) anstößt, wird von D nach C zurücklaufen, so daß der Winkel FDB dem Winkel CDA gleich ist. Bey dem Stoße der Bälle unter sich gelten die Gesetze des Stoßes elastischer Körper (§. 299.). Wenn beyde Bälle gleiches Gewicht haben, und der stoßende den ruhenden gerade trifft (der volle Stoß), so geht der letztere in der Direction des stoßenden fort, und zwar mit der Geschwindigkeit des stoßenden, der stoßende bleibt aber an der Stelle des gestoßenen ruhig liegen, (nach §. 299. Nr. 2.); er bewegt sich hingegen selbst mit minderer Geschwindigkeit noch fort, wenn sein Gewicht größer ist, als das des gestoßenen Balles, nach (§. 299. Nr. 3.). Die ungleichartige Elasticität des Elfenbeins und die Reibung auf der Tafel machen, daß der Erfolg nicht ganz der Theorie gemäß geschieht. Auch findet niemals zwischen Bällen von ungleicher Größe ein centraler Stoß Statt, und eben daher wird das **Sprengen** der Bälle möglich, wenn die Schnelligkeit der stoßenden Kugel groß ist. Wenn die stoßende Kugel P (Fig. 9. b) in der schiefen Rich-

tung

tung Pc an die ruhende p anstößt, so ziehe man durch den Berührungspunct c die Tangente eg, und durch eben den Berührungspunct und den Mittelpunct von p die Linie fd. Die Kraft Pc läßt sich zerlegen in Pg und Pf, welche mit fd und ge parallel sind. Wenn nun P in c anstößt, so wird p, (nach §. 95.), in der Richtung cd fortgehen, oder nach cd geschnitten werden. Es ist aber, um sich nicht zu verlaufen, nöthig, zu wissen, welche Richtung der Ball P nach vollendetem Stoße haben werde. Er hat nämlich noch die Kraft Pf übrig, mit der er nach dem Stoße von c nach e fortgeht.

§. 306. Wenn ein harter Körper auf einen weichen unbeweglichen stößt, so drängt der stoßende nach seiner vorigen Richtung in den weichen ein, seine Kraft wird aber immer mehr und mehr durch den Widerstand der zu verschiebenden Theile des weichen Körpers vermindert, und der eindringende verliert so nach und nach seine Kraft. Uebrigens sind die Erfolge des Stoßes weicher Körper unter einander, wie die der harten.

Fünf-

Fünftes Hauptstück.

Phänomene schwerer liquider Körper.

§. 307.

Die **flüssigen** Körper sind zwar den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen, allein der eigenthümliche Zustand ihrer Aggregation (§. 273.) macht besondere Bestimmungen nöthig. Wir handeln hier die Erscheinungen ab, welche **tropfbare Flüssigkeiten** oder **liquide Körper** vermöge ihrer Schwere hervorbringen, ohne uns auf die besondere Natur derselben einzulassen.

§. 308. Bey den festen Körpern läßt sich wegen der Stärke ihrer Cohäsion ein gemeinschaftlicher Schwerpunct (§. 273.) annehmen und beweisen; bey einem flüssigen Körper kann man dies wegen des so äußerst geringen Zusammenhanges seiner Theile nicht thun, und man muß ihn vielmehr als eine Menge von kleinen Theilchen ansehen, die wegen ihres geringen Zusammenhanges unabhängig von einander ihre Schwere äußern, oder wo jedes noch so kleine Theilchen seinen eignen Schwerpunct hat.

§. 309. Alle tropfbar-flüssige Körper senken sich daher jederzeit an den niedern Ort, und nehmen, wenn sie ruhig stehen, jedesmal eine solche Lage an, daß ihre Oberfläche horizontal ist.

§. 310. Ein jeder Theil einer tropfbaren gleichartigen Flüssigkeit wird durch sein eigenes Gewicht und durch den Druck aller übrigen Theile an seinem Orte erhalten, wenn die höchste Fläche eben und waagerecht ist, und es ist also jedes schwere Element desselben in Ruhe und im Gleichgewichte.

§. 311. Jeder Theil in einer gleichartigen tropfbaren Flüssigkeit wird von dem darüber und darunter stehenden Theile eben so stark gedrückt, als er selbst diesen darüber oder darunter stehenden Theil drückt.

§. 312. Aus diesen beyden Sätzen (§. 310. u. 311.) folgt denn auch, daß irgend ein willkührlich angenommener Theil in einer waagerecht stehenden gleichartigen Flüssigkeit, wie z. B. der in der Grenze afgd und bec (Fig. 50.) enthaltene Theil derselben, von der darüber und darunter stehenden Flüssigkeit eben so stark gedrückt werde, als er selbst diese darüber und darunter stehende Flüssigkeit drückt. Man stelle sich nun an die Stelle dieser willkührlich angenommenen Grenze eine feste unbiegsame Röhre vor, die die Flüssigkeit zwischen afgd und bec einschließt, und diese Röhre drücke nicht stärker und nicht schwächer auf die darin enthaltene Flüssigkeit, als vorher die umgebende Flüssigkeit that, in deren Stelle sie gesetzt wurde. Die äußere Flüssigkeit kann nun wegfallen, ohne daß der Stand der Flüssigkeit in der Röhre dadurch geändert wird. Dies gilt natürlicher Weise von allen communicirenden Röhren, sie mögen gleich oder ungleich weit, gerade oder krumm, und mannigfaltig gegen einander geneigt seyn.

§. 313. Es folgt hieraus der allgemeine Satz: **Gleichartige Flüssigkeiten stehen in zusammenhängenden Röhren von jeder Gestalt, Lage und Weite der Schenkel, in diesen Schenkeln gleich hoch,** und sie sind nur dann in diesen Schenkeln im Gleichgewichte und in Ruhe, wenn die Oberflächen der Flüssigkeit in den Schenkeln in einerley waagerechter Ebene stehen.

Diesen Satz, der sich aus dem im §. 312. angeführten Erfahrungssatze so leicht herleiten läßt, kann man auch durch das Cartesische Maaß der Kräfte nach Mariotte auf die im folgenden §. angeführte Weise darthun.

Erinnerung wegen des Falles, wenn der eine Schenkel der communicirenden Röhre ein Haarröhrchen ist.

§. 314. Wenn in gleich weiten verbundenen Röhren die Flüssigkeit auf der einen Seite steigen wollte, so müßte sie auf der andern Seite in eben der Zeit eben so tief fallen, und die flüssige Materie würde also in beyden Röhren eine gleiche Größe der Bewegung haben, weil Geschwindigkeit und Masse einerley wären. Gleiche entgegengesetzte Größen der Bewegung heben sich aber auf, und man sieht also leicht, daß die Flüssigkeit den waagerechten Stand annehmen müsse, wenn die Röhren gleich weit sind. Aber eben so leicht läßt es sich auch bey zusammenhängenden Röhren von ungleicher Weite beweisen, daß Flüssigkeiten von einerley Art darin nicht eher in Ruhe kommen, bis sie gleich hoch darin stehen. Denn gesetzt, die eine Röhre hätte zehnmal so viel Grundfläche als die andere, so wird in jener die zehnfache Masse in eben der Zeit in den einfachen Raum fallen müssen,

müssen, in welcher in dieser die einfache Masse den zehnfachen Raum in die Höhe steigt; denn wenn es z. B. in der weitern um einen Zoll fallen sollte, so müßte es in der engern um zehn Zoll steigen, und zwar in einerley Zeit; es sind also hier, und in jedem andern Falle, Massen und Geschwindigkeiten einander umgekehrt proportional, folglich haben sie gleiche Größe der Bewegung, und die gleichen entgegengesetzten Kräfte heben sich auf. Die Flüssigkeiten einerley Art müssen also auch in ungleichen Röhren gleich hoch stehen und sich einander das Gleichgewicht halten.

§. 315. Da also weniges Wasser in einem engern Schenkel der Röhre das Gleichgewicht hält mit vielem Wasser in dem andern weitern Schenkel, so ist leicht einzusehen, daß es auch das Gleichgewicht halten wird mit einem jeden andern Körper, der eben so viel Gewicht hat, als das in dem weitern Schenkel enthaltene Wasser.

Wenn in die communicirende Röhre ABCD (Fig. 51.) Wasser gefüllt wird, so wird dieses Wasser nur dann darin ruhig stehen, wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch ist, obgleich diese Schenkel ungleich weit sind (§. 313.). Gesetzt, daß es in dem engern Schenkel AB bis ab stehe, so wird es auch in dem weitern Schenkel CD bis cd in einerley Horizontalebene mit ab stehen müssen: sonst ist kein Gleichgewicht und keine Ruhe da. Die Wassersäule ab hält also der, ungleich mehr wiegenden, Wassersäule cd das Gleichgewicht, wenn ihre Oberflächen nur in einerley Horizontalebene liegen. Wenn nun in dem cylindrischen Schenkel CD, statt des Wassers von der Höhe ce und der Grundfläche ef, ein fester Körper läge, der an den Wänden des Schenkels eben so leicht auf- und abglitschte, als Wasser, und doch genau an die Wände anschlösse; so ist leicht einzusehen, daß, wenn dieser feste Körper eben so viel wöge, als das Wasser in dem Raume cdef, er das unterhalb ef liegende Wasser nicht stärker und nicht schwächer drücken würde, als vorher das Wasser in cdef that. Da nun das Wasser in dem engern Schenkel AB vorher das Gleichgewicht hielt mit dem Wasser in dem weitern Schen-

Schenkel CD, und also auch mit dem in cdef enthaltenen, so wird es auch das Gleichgewicht halten mit dem an die Stelle des Wassers in cdef gesetzten, und gleich wiegenden, festen Körper.

Man sieht leicht, daß dies von jeder Weite des Schenkels CD gelte, und daß also sehr weniges Wasser in AB mit sehr vielem in CD, und folglich mit jedem an die Stelle des Wassers augenommenen und mit demselben gleich wiegenden Körper, das Gleichgewicht halten könne.

§. 316. Wenn der eine Schenkel der Röhre tiefer abgeschnitten ist, als der andere, so wird das Wasser aus dem kürzern beständig ausfließen, wenn der andere damit höher gefüllt ist, so lange bis die Wasserflächen in beyden gleich hoch stehen. Versieht man aber den kürzern Schenkel mit einer engen Oeffnung, so springt das Wasser mit Gewalt daraus in die Höhe, wenn die Wasserfläche in dem längern Schenkel höher steht. Wenn das hervorspringende Wasser sich nicht in Tropfen zertheilte, so müßte der hervorspringende Wasserstrahl eben so hoch steigen, als die Wasserfläche in der weitern Röhre liegt.

Versuche mit allerley hiernach angelegten kleinen Springbrunnen; und Anwendung auf größere Fontainen.

§. 317. Wenn communicirende Röhren von gleicher oder ungleicher Weite mit einer Flüssigkeit gefüllt sind, und es wird der eine Schenkel abgeschnitten, und die Mündung mit einem Deckel verschlossen, so erleidet dieser Deckel von unten her von dem darunter stehenden Wasser einen Druck, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche diesen Deckel zur Grundfläche und die Höhe des Wassers in dem längern Schenkel über dem im kürzern Schenkel zur Höhe hätte. Weniges Wasser kann solcher Gestalt auch einen sehr großen Druck nach oben zu ausüben.

Es

Es sey bey einer communicirenden Röhre von ungleich weiten Schenkeln (Fig. 52.) der weitere Schenkel ED in CD abgeschnitten und mit einem genau schließenden festen Deckel an der Mündung CD versehen. Der engere Schenkel AB sey bis ab mit Wasser gefüllt. Dieses Wasser würde, nach den vorhergehenden Sätzen, das Gleichgewicht halten mit dem Wasser, das in dem weitern Schenkel ED bis d reichte, wenn er bis dahin verlängert und in CD mit keinem Deckel geschlossen wäre. Dann würde die Wasserfläche in CD einen Druck erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich wäre, die CD zur Grundfläche und Cc oder Dd zur Höhe hätte. So stark aber, als die Wassersäule cdCD über der Fläche CD abwärts drückt, so stark muß das Wasser unterhalb der Fläche CD aufwärts drücken; denn sonst wäre kein Gleichgewicht des Wassers in diesem weiten Schenkel mit dem im engen Schenkel, bey gleicher Horizontalfläche abcd. Wird nun in CD ein fester Deckel angenommen, und reicht das Wasser im engern Schenkel bis ab, so wird der Deckel auch von unten her einen Druck erleiden, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die CD zur Grundfläche und Cc zur Höhe hat.

Dieser Schluß gilt, so weit auch CD in Vergleichung mit dem engern Schenkel AB angenommen wird, und man sieht also, daß sehr weniges Wasser in AB einen sehr großen Druck in CD nach oben zu ausüben kann.

So leidet auch nach eben diesen Schlüssen der obere Theil der Wand ef der communicirenden Röhre (Fig. 52.), die bis ab mit Wasser gefüllt ist, einen Druck nach oben, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche ef zur Grundfläche und eb oder fc zur Höhe hat.

Dies ist auch der Fall von jedem andern unregelmäßig gebildeten Gefäße. Es sey (Fig. 53.) ABCdek ein solches Gefäß im senkrechten Durchschnitte, und es sey bis A mit Wasser gefüllt und ganz verschlossen. Der Theil cd des Gefäßes wird einen Druck nach oben erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; denn wenn cd offen wäre, und eine Röhre fbcd darüber stünde, so würde in derselben das Wasser bis bf stehen, wenn es in A so hoch stünde, und die Fläche cd würde dadurch so stark gedrückt werden, als diese Wassersäule drücken würde, folglich auch eben so stark entgegen drücken. kg muß einen Druck nach oben zu erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die kg zur Grundfläche und kl oder gf zur Höhe hat. Endlich die geneigte Wand Ak leidet einen Druck nach oben, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die hk zur Grundfläche und z kl zur Höhe hat.

Hierauf gründet sich auch

1) 's Gravesande's *follis hydrostaticus* (Elem. phys. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. §. 729. *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. T. II. §. 1283.)

2)

a) Wolfs anatomischer Heber (Nützliche Versuche Th. I. Kap. 3. §. 58.)

§. 318. Es leidet wohl keinen Zweifel, daß der Druck einer tropfbaren Flüssigkeit gegen den Boden zunehmen müsse, wenn die Höhe derselben in einem Gefäße zunimmt; und eben so ist auch klar, daß, wenn die Grundfläche des Gefäßes vergrößert wird, bey derselbigen Höhe um so mehr Wasser in das Gefäß geht, als die Vergrößerung der Grundfläche beträgt, folglich der Druck gegen den Boden ebenfalls auch zunimmt, wie die Grundfläche. Aus beydem folgt also: **daß der senkrechte Druck der tropfbaren flüssigen Körper in einem zusammengesetzten Verhältnisse ihrer senkrechten Höhen und Grundflächen sey.**

§. 319. Auch in einem unregelmäßig gebildeten Gefäße drückt eine tropfbare Flüssigkeit gegen den Boden so stark, als das Gewicht einer senkrechten Wassersäule drücken würde, die den Boden zur Grundfläche und die perpendiculäre Höhe der Flüssigkeit im Gefäße zur Höhe hätte.

Wenn das Gefäß ABCdegk (Fig. 53.) mit Wasser bis A gefüllt ist, so leidet der Boden BC einen Druck, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hat. Der Theil desselben Cm zum Beyspiele, leidet einen Druck, als wenn eine Wassersäule fbmC über ihm stünde. Denn cd wird nach oben zu so stark gedrückt, als das Gewicht der Wassersäule fbcd beträgt, wie aus dem vorigen §. 317. bekannt ist. Da aber der Theil der Wand cd fest genug angenommen wird, um diesem aufwärts gerichteten Drucke völlig zu widerstehen, so muß er auf das unter ihm befindliche Wasser eben so stark zurückwirken, und zu dem Drucke der Wassersäule cdmC gegen mC zu muß also noch ein Druck kommen, der dem Widerstande von der Wand cd, oder dem Drucke einer Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; folglich muß mC überhaupt einen

einen Druck erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule fbcd + cdmC gleich ist. So läßt es sich nun weiter für jeden andern Theil des Bodens BC beweisen.

Man darf aber hieraus nicht erwarten, daß das mit Wasser ganz gefüllte Gefäß ABCdegk auf die Waagschaale gesetzt, sie so stark drücken werde, als ob eine Wassersäule darin wäre, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hätte. Denn wenn gleich das Wasser gegen den Boden des Gefäßes eben so stark senkrecht drückt, so drückt es doch auch zugleich nach oben zu, gegen cd, kg, und kA senkrecht; daher geht von der gesammten bewegenden Kraft des Gefäßes nach unten zu so viel ab, als die entgegengesetzte nach oben zu beträgt.

§. 320. Der Druck des Wassers auf den Boden eines Gefäßes richtet sich also nicht nach der Wassermenge im Gefäße, sondern bloß nach der senkrechten Höhe des Wassers über dem Boden und der Grundfläche desselben; und jeder Theil des Bodens leidet den Druck einer Wassersäule, deren Grundfläche dieser Theil und deren Höhe die senkrechte Tiefe dieses Theils unter der Oberfläche des Wassers ist.

§. 321. Wenn man in ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt und oben offen ist, zur Seite mehrere kleine Oeffnungen über einander macht, so springt das Wasser mit mehr oder weniger Gewalt zur Seite heraus, und zwar um desto stärker, je näher die Oeffnung nach dem Boden zu liegt, oder je höher die darüber stehende Wassersäule ist.

§. 322. Wir müssen aus diesem Versuche schließen, daß der Druck des Wassers sich nicht allein unterwärts nach dem Boden des Gefäßes zu äußere, sondern auch zur Seite auf die Wände des Gefäßes; und daß dieser Druck abnehme, wie die Höhe des Wassers abnimmt. Jeder Punct der Seitenfläche eines

eines mit Wasser gefüllten Gefäßes leidet einen Druck, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, deren Grundfläche diesem Puncte und deren Höhe der Entfernung dieses Punctes der Seitenwand in lothrechter Linie von der Oberfläche des Wassers gleich ist: oder jeder Theil der Seitenwand leidet einen Druck, wie eine ihm gleiche Fläche, wenn diese in derselben Tiefe horizontal gehalten würde; nur muß dieser Theil klein genug genommen werden.

Es sey ein cubisches Gefäß ABCD (Fig. 54.) mit Wasser bis AC gefüllt, so kann man sich dieses Wasser in lauter gleich hohe, mit dem horizontalen Boden BD parallel laufende, Schichten getheilt vorstellen. Die höher liegenden Schichten pressen auf die untern mit einer Kraft, die der Summe ihrer Gewichte gleich ist. So hat die Schicht abcd das Gewicht der Schicht ACab zu tragen; die Schicht cdef hat das Gewicht der Schicht abcd, aber auch zugleich dadurch das Gewicht der Schicht ACab zu tragen, u. s. f. Es ist nun klar, daß z. B. die Wasserschicht cdef von den darüber liegenden Schichten eben so gepreßt wird, als ob ein fester schwerer Körper von dem Gewichte der Wassersäule ACcd darüber läge und allenthalben gleichförmig auf die Fläche cd drückte. Da das Wasser so große Verschiebbarkeit seiner Theile hat, und der Boden des Gefäßes widerstehend angenommen wird, so muß sich seine Pressung, die es von oben her erleidet, nach den Seitenwänden fortpflanzen. Da nun der Druck von oben her zunimmt, je niedriger die Schichten gegen den Boden zu liegen, so muß auch dieser Seitendruck des Wassers zunehmen. Wenn in km eine communicirende Röhre kmpq angesetzt wäre, und das Stück km der Seitenwand wäre weggenommen, so würde die Röhre bis an die Horizontalfläche AC auch mit Wasser angefüllt seyn müssen, damit dasselbe dem in AC über lm das Gleichgewicht hielte. Würde nun das Stück km der Seitenwand wieder eingesetzt, so würde es von dem umgebenden Wasser unstreitig einen Druck erleiden, der dem Drucke einer Wassersäule gleich wäre, die km zur Grundfläche und die Höhe von der Mitte zwischen k und m bis C hätte. Denn da k höher liegt, als m, so muß km entweder unendlich klein, oder es muß die Mitte zwischen k und m als der unterste Punct der Höhe genommen werden.

§. 323. Dieser Druck des Wassers auf die Seitenflächen eines Gefäßes nimmt von oben in arithme-

tischer

tischer Progression zu. Ist ein cubisches Gefäß mit Wasser ganz erfüllt, so beträgt der Druck des Wassers gegen eine ganze Seitenfläche des Gefäßes halb so viel, als gegen den Boden; und gegen alle vier Flächen noch einmal so viel als gegen den Boden.

Es sey das cubische Gefäß ACBD (Fig. 54.) mit Wasser angefüllt, so ist der Druck gegen den Boden gleich dem Drucke einer Wassersäule, die BD zur Grundfläche und BA zur Höhe hat (§. 320.); der Druck gegen die Seitenwand AB aber ist gleich dem Drucke einer Wassersäule, die AB zur Grundfläche und ½ AB zur Höhe hat (§. 322. Anm.): folglich ist dieser Druck gegen AB halb so groß, als gegen BD.

§. 324. Auf diesen Seitendruck der tropfbaren Flüssigkeiten und die Zunahme desselben, so wie die Tiefe gegen den Boden zu zunimmt, gründen sich eben, die im §. 321. angeführte Erfahrung und andere Phänomene.

1) **Segners** hydraulische Maschine, die durch den Seitendruck des Wassers in Bewegung gesetzt wird.

2) In eine oben offene Glasröhre, an deren untere Oeffnung eine mit einer Flüssigkeit gefüllte Blase gebunden ist, steigt diese Flüssigkeit in die Höhe, wenn die Blase und Röhre in Wasser getaucht werden, und steigt desto höher, je tiefer sie getaucht werden.

3) Eine leere verstopfte, dünne, gläserne Flasche, mit platten Seitenflächen, zerbricht durch den Seitendruck des Wassers, wenn man sie tief in dasselbe taucht.

§. 325. Aus allen bisher vorgetragenen Sätzen folgt nun, daß eine tropfbare Flüssigkeit unterhalb

ihrer

ihrer Oberfläche nach allen möglichen Richtungen drücke, nach oben (§. 317.), nach unten (§. 318.) und zur Seite (§. 322.).

§. 326. Wenn eine Flüssigkeit schwererer Art auf eine andere Flüssigkeit leichterer Art, (mit der sie sich nicht chemisch verbindet, oder von der sie nicht aufgelös't wird,) gegossen wird, so ist, der Erfahrung zu Folge, kein Zweifel, daß sie die untere nicht aus ihrer Stelle verdrängen wird, oder daß diese, ehe alles in Ruhe gekommen ist, nicht in den obern Theil des Gefäßes von der schwerern hinaufgedrückt würde. Allein wenn man eine schwerere flüssige Materie auf eine andere leichtere so gießen könnte, daß beyder Oberflächen vollkommen waagerecht blieben, so ist kein Grund vorhanden, warum die schwerere nach unten zu gehen sollte. Denn sie würde in allen Puncten gleich stark drücken, und die untere leichtere Flüssigkeit könnte also in keinem Puncte nach oben zu ausweichen, und auch nicht nach den übrigen Seiten zu wegen des Gefäßes.

§. 327. Wenn man aber den schwerern flüssigen Körper zu dem leichtern schüttet, so kann dies nie in der Art geschehen, daß die Oberflächen horizontal bleiben, und wegen des stärkern Drucks der schwerern Säulen der schwerern Flüssigkeit muß der leichtere zur Seite empor gehoben werden und sich über den schwerern ergießen, und es kommt nicht eher Ruhe und Gleichgewicht der Theile, bis der leichtere nach oben zu steht und jede Flüssigkeit eine horizontale Fläche erhalten hat.

§. 328.

§. 328. So steigen also leichtere Flüssigkeiten durch schwerere, (von denen sie nicht, oder nicht gleich aufgelöst werden,) in die Höhe, und stellen sich endlich nach ihrem verschiedenen eigenthümlichen Gewichte so über einander, daß jede eine horizontale Oberfläche hat.

Beyspiele: an der so genannten Elementarwelt aus Quecksilber, der Auflösung des Gewächsalkali im Wasser, Weingeist und Steinöhl; an dem Passevin, oder der scheinbaren Verwandlung des Wassers in Wein.

§. 329. Wenn zusammenhängende Röhren mit Flüssigkeiten von verschiedener Art und verschiedenem eigenthümlichen Gewichte angefüllt werden, so wird die schwerere Säule, die bey gleichem Raumesinhalte mehr Gewicht hat, stärker drücken, als die andere. Wenn sie aber im Gleichgewichte gegen einander seyn sollen, so müssen ihre Gewichte gleich groß seyn. Es wird also die flüssige Materie leichterer Art so vielmal höher stehen, als die von schwererer Art, so vielmal die letztere die erstere an specifischem Gewichte übertrifft; oder: Der senkrechte Druck der Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte gegen einander ist im Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte, und sie stehen in zusammenhängenden Röhren im Gleichgewichte, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten.

Bestätigung durch Versuche in zusammenhängenden Röhren mit Quecksilber und Wasser.

§. 330. Eben dies erfolgt, wenn auch die Röhren nicht gleich weit sind. — Man kann also leicht die

Digitized by Google

die Höhen zweyer flüssigen Körper von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte, die sie in zusammenhängenden Röhren haben, bestimmen, wenn man nur das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte weiß; und so kann man auch aus der Höhe einer Flüssigkeit gegen das Wasser den Unterschied des eigenthümlichen Gewichts oder der Dichtigkeit zwischen beyden finden. Wegen des verschiedenen Cohärirens der Flüssigkeiten mit den Gefäßen ist indessen diese Bestimmungsart nicht genau und scharf genug.

§. 331. **Ein fester Körper schwererer Art sinkt in einem flüssigen leichterer Art unter.** Denn wir können uns vorstellen, daß die Flüssigkeit aus lauter neben einander befindlichen Wassersäulen bestehe, die dann im Gleichgewichte gegen einander sind, wenn ihre Oberflächen in einerley Horizontalebene liegen. Wird nun ein schwerer fester Körper darauf gelegt, so nimmt natürlicher Weise der Druck der unter ihm befindlichen Wassersäule durch sein eigenes Gewicht zu, und die Wassersäulen zur Seite müssen in die Höhe steigen, um das Gleichgewicht hervorzubringen, und sie müssen höher steigen, als die Horizontalebene in der Oberfläche des festen schweren Körpers beträgt, (nach §. 329.). Da aber der Druck des Wassers auch seitwärts Statt findet, so fließen diese höher gestiegenen Wassersäulen zur Seite über den tiefer liegenden festen Körper her: dadurch wird das Gleichgewicht natürlicher Weise immer wieder aufgehoben, und der feste schwerere Körper sinkt bis auf den Boden des Gefäßes hinab, und dann setzt sich erst das Wasser ins

Gleich-

Digitized by Google

Gleichgewicht oder nimmt eine horizontale Oberflä-
che an.

Wie die Kreise auf der Wasserfläche von einem hineingeworfenen Steine entstehen.

§. 332. Wenn der schwerere feste Körper in den leichtern flüssigen eingetaucht wird, so sinkt er darin nicht mit seiner ganzen Kraft der Schwere. Denn an dem Orte, worein er jetzt eingetaucht ist, war vorher so viel Wasser, als in den Raum des festen Körpers geht, und das ganze Gewicht dieses Wassers wurde von der übrigen Flüssigkeit getragen (§. 310.). Es wird also auch durch den Gegendruck der Flüssigkeit von dem absoluten Gewichte oder von der Größe des Druckes des schwerern festen Körpers so viel aufgehoben und gewisser Maßen vernichtet, als das absolute Gewicht oder die Größe des Druckes eines eben so großen Wasserklumpens beträgt, und er sinkt daher nicht mit seiner ganzen Kraft oder seinem ganzen Gewichte, sondern nur mit dem Theile, welcher übrig bleibt, wenn man von seinem absoluten Gewichte das absolute Gewicht eines eben so großen Wasserklumpens abzieht. Diesen übrig bleibenden Theil seines Druckes nennt man sein respectives Gewicht (Pondus respectivum).

Vom Satze der Alten: Liquida non gravitant in propriis locis.

Warum ein Eimer voll Wasser, den man aus einem Brunnen zieht, sich leicht heben läßt, wenn er noch unter dem Wasser ist, und erst dann sein völliges Gewicht zeigt, wenn er außer dem Wasser ist.

§. 333. **Ein fester Körper schwererer Art sinkt daher in einem flüssigen leichterer Art mit seinem respec-**

respectiven Gewichte (§. 332.) zu Boden, und verliert, wenn er darein versenkt wird, so viel von seinem absoluten Gewichte, als der flüssige Körper wiegt, der seinen Raum erfüllen würde, und den er aus der Stelle treibt.

Bestätigung durch Versuche: Ein metallener Würfel, der an einem Pferdehaare an einer Waage hängt, wird im Wasser gewogen, und er braucht so viel weniger Gegengewicht, als vorher in der Luft, um im Gleichgewichte erhalten zu werden, als das Wasser wiegt, welches mit dem Würfel von gleichem Umfange ist, oder welches in einen Eimer geht, worein der Würfel genau paßt.

§. 334. Schwere feste Körper von gleichem Volum verlieren in einerley leichterm flüssigen Körper gleiche Summen von ihrem absoluten Gewichte, ihr eigenthümliches Gewicht mag verschieden oder einerley seyn. Ihr respectives Gewicht, welches übrig bleibt, ist aber freylich nach Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte verschieden.

Bestätigung durch Versuche mit einem zinnernen und einem bleyernen Würfel, deren jeder einen rheinl. Decimal-Cubikzoll groß ist und die gleich viel in einerley Flüssigkeit verlieren, aber ungleiches respectives Gewicht übrig behalten, mit dem sie zu sinken streben.

§. 335. Bey schweren festen Körpern von ungleichem Raumesinhalte und einerley absolutem Gewichte verliert der größere Körper mehr, als der kleinere; oder, welches einerley ist, der, welcher das größere eigenthümliche Gewicht hat, verliert weniger, als der, welcher das geringere besitzt.

Bestätigung durch Versuche mit einer elfenbeinernen Kugel und einer Bleykugel, die beyde gleich viel wiegen, aber ungleich viel beym Wasserwägen verlieren. Die größere elfenbeinerne Kugel verliert mehr, als die kleinere Bleykugel.

§. 336. Einerley fester Körper verliert in leichtern Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte

Gewichte ungleich viel von seinem absoluten Gewichte; in den dichtern oder schwerern mehr, als in den dünnern oder leichtern. Die Gewichtsverluste verhalten sich wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten.

Versuche mit Salzsoole, Wasser, Wein, Weingeist, u. dergl., worin einerley fester Körper ungleich viel verliert.

Anwendung hiervon auf Flüssigkeiten einerley Art, die eine verschiedene Wärme haben.

§. 337. Ueberhaupt verhalten sich die Gewichtsverluste fester Körper in Flüssigkeiten, worein sie sich eintauchen, wie die Producte aus ihrem Volum mit dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit.

§. 338. Ein fester Körper, welcher mit einer Flüssigkeit gleiches eigenthümliches Gewicht hat, muß in derselben nothwendig sein ganzes Gewicht verlieren, und sein respectives Gewicht (§. 332.) wird also = 0 seyn. Er wird also, in die Flüssigkeit versenkt, weder sinken noch steigen, sondern ruhig schweben.

Versuche mit einem Eye, das in reinem Wasser sinkt, in Salzsoole schwimmt, in der Vermischung von beyden nach einem richtigen Verhältnisse aber schwebt.

§. 339. Die flüssige Materie, worein ein fester Körper gehängt wird, nimmt in ihrem Drucke nach unten um so viel zu, als der feste Körper davon verliert, oder als die flüssige Materie wiegt, die in den Raum geht, welchen der Körper einnimmt.

Versuch: Ein metallener Würfel von der Größe eines Cubikzolles wird an einem Faden hängend in Wasser gehalten, das in einem Trinkglase auf einer Waagschaale steht und an der Waage ins Gleichgewicht gesetzt war. Das Gleichgewicht wird gestört, und das Wasser drückt nun die Waagschaale genau um so viel stärker, als es drücken würde,

wenn

wenn noch ein Cubikzoll Wasser hinzukäme. Der Faden hat nur noch das respective Gewicht des Würfels zu tragen.

§. 340. Das Gewicht, welches der schwere feste Körper im Wasser verliert (§. 332.), geht also nicht verloren, sondern wird vom Wasser gewonnen. Es ist nämlich jetzt eben so gut, als ob noch so viel Wasser hinzukäme, als in das Volum des festen Körpers geht; und die Höhe der Flüssigkeit nimmt um so viel in dem Gefäße zu, als sie zunehmen würde, wenn eben so viel Wasser dem Raume nach hinzukäme. Mit der Zunahme der Höhe bey gleicher Grundfläche der Flüssigkeit wächst aber auch der Druck gegen den Boden.

§. 341. Ein fester Körper leichterer Art wiegt weniger, als die flüssige Materie schwererer Art, die mit ihm gleichen Raum erfüllt (§. 211.). Es ist daher schlechterdings unmöglich, daß er darin untersinken sollte, weil der Klumpen der flüssigen Materie, den er aus der Stelle treiben müßte, stärker drückt, als er selbst, und er muß also darauf **schwimmen**. Wird aber der leichtere feste Körper auf die Oberfläche der flüssigen Materie gelegt, so muß er sich **darein so tief eintauchen, bis die Menge der von ihm verdrängten Flüssigkeit ihm am Gewichte gleich ist.** Denn wenn man ihn auf die Flüssigkeit setzt, so drückt er doch vermöge seines eigenen Gewichts auf die unter ihm stehende Säule der Flüssigkeit, und das Gewicht dieser Säule wird dadurch vermehrt; sie senkt sich also so tief ein, bis sie die Höhe hat, daß sie mit dem darauf liegenden festen Körper das Gleichgewicht mit

den

den benachbarten Säulen der Flüssigkeit hält. Wer sieht also nicht, daß der feste Körper eintauchen müsse, und zwar so tief, bis das aus der Stelle getriebenen Wasser eben so viel wiegt, als der ganze Körper?

§. 342. Der eingetauchte Theil des schwimmenden Körpers verhält sich zum Ganzen wie das eigenthümliche Gewicht des schwimmenden Körpers zu dem der Flüssigkeit.

§. 343. Wenn zwey schwimmende Körper von gleichem oder verschiedenem eigenthümlichen Gewichte einerley absolutes Gewicht haben, so werden sie sich beyde gleich tief in einerley Flüssigkeit eintauchen.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus §. 341.

§. 344. Ein fester Körper von größerm eigenthümlichen Gewichte muß sich bey diesem Schwimmen in einerley Flüssigkeit tiefer eintauchen, als ein anderer leichterer. Die Größen der eingetauchten Theile werden sich verhalten wie die eigenthümlichen Gewichte der festen Körper, wenn diese gleiche Volumina haben. Ferner einerley fester Körper muß sich desto tiefer eintauchen, je leichter die Flüssigkeit ist, worin er schwimmt, und die eingetauchten Theile müssen sich umgekehrt verhalten wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit.

Bestätigung durch Versuche mit gleichen Würfeln von verschiedenen Holzarten, die alle specifisch leichter sind, als Wasser, aber von verschiedenem specifischen Gewichte, die sich in einerley Wasser ungleich tief beym Schwimmen eintauchen.

Versuche mit einem und demselben Würfel von Holz, der sich in Weingeist tiefer eintaucht, als in Wasser, in dieses tiefer als in Salzsoole.

Versuche mit hohlen Glaskugeln, die mit Bley beschwert sind und in Salzsoole schwimmen, aber in Wasser sinken, oder in Wasser schwimmen, und in Salzsoole sinken.

Anwendung davon auf das Schwimmen eines Schiffes in süßem Wasser und im Seewasser.

§. 345. Man kann aus diesem Grunde die eigenthümlichen Gewichte verschiedener flüssiger Körper, (freylich nicht mit der größten Genauigkeit,) gegen einander vergleichen, wenn man einerley leichtern festen Körper von einer bequemen Gestalt darin schwimmen läßt, und den Unterschied der Tiefe bemerkt, um welche er sich eintaucht. Wie sich verhalten die Umfänge des eingetauchten Theils, so verhalten sich die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten umgekehrt.

§. 346. Wenn das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts, z. B. eines Cubikzolles, Cubikfußes, u. dergl., der Flüssigkeit, und der cubische Inhalt des eingetauchten Theils des schwimmenden Körpers bekannt ist; so läßt sich das absolute Gewicht des ganzen schwimmenden Körpers daraus bestimmen. Es ist nämlich das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers (P) gleich der Größe des eingetauchten Theiles (I) mit dem absoluten Gewichte (R) des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit multiplicirt.

Es ist also $P = IR$.

Es sey z. B. die Größe des eingetauchten Theiles des in Wasser schwimmenden Körpers 10 Cubikzoll (paris.), und das Gewicht eines Cubikzolles Wasser 368,11 Gr. (paris.), so ist das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers 3681,1 Gr. Der ganze Satz ist eine natürliche Folge von §. 341.

§. 347. Wenn ferner das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit und

das

das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers bekannt ist, so läßt sich die Größe des eingetauchten Theils des letztern finden. Diese ist nämlich gleich dem absoluten Gewichte des schwimmenden Körpers, durch das absolute Gewicht des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit dividirt.

Oder es ist $I = \frac{P}{R}$.

Es sey das Gewicht eines Schiffes mit der Ladung, oder die Last mehrerer verbundener Pontons, 1000 Centner (paris.), so ist das Volum Wasser, das dadurch beym Schwimmen aus der Stelle gedrängt wird, oder, welches einerley ist, das Volum, um welches sich der schwimmende Körper eintaucht, so groß als das Volum, welches 1000 Centner Wasser einnehmen. Wenn nun 1 Cubikfuß (paris.) Wasser 70 Pfund (paris.) wiegt, so ist die Größe des eingetauchten Theils $= \frac{110000}{70} = 1571{,}428$ Cubikfuß.

§. 348. Wenn ein fester Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen soll, so ist gerade nicht nöthig, daß alle seine Theile ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als die Flüssigkeit; sondern es ist nur nöthig, daß die Materie in dem ganzen Volum des Körpers nicht so viel wiegt, als ein gleich großes Volum der Flüssigkeit. Es können daher sehr wohl schwerere feste Körper in leichtern Flüssigkeiten zum Schwimmen gebracht werden, wenn sie mit andern ungleichartigen verbunden werden, die specifisch leichter sind, als die Flüssigkeit, in dem Maaße, daß das Volum dieser Verbindung nicht so viel wiegt, als ein eben so großes Volum, das mit der Flüssigkeit erfüllt ist.

Hierauf beruhet das Schwimmen beladener Schiffe, der Menschen auf Blasen, auf Schwimmgürteln, Binsen, u. dergl.; der Mechanismus des Aufsteigens und Niedersinkens der Fische im Wasser; die Art, Schiffe in seichte Häfen zu bugsiren;

xiren; das Emporkommen der Leichname Ertrunkener; das Schwimmen metallener und gläserner Kugeln, der Bouteillen, der Pontons, u. dergl.

Die Cartesianischen Teufelchen.

Von diesem bisher erwähnten Schwimmen der festen Körper auf specifisch schwerern Flüssigkeiten, dem *Innatare fluido*, oder dem französischen *Flotter*, ist das *Natare* und *Nager*, oder das Schwimmen, wie der Menschen und Thiere auf Wasser, durch Hülfe eigener Bewegungen, zu unterscheiden. Diese letztere Art des Schwimmens beruht auf dem Widerstande, welchen die Theile der Flüssigkeit bey ihrem Verrücken aus der Stelle entgegen setzen; und so schwimmen die Vögel in der specifisch leichtern Luft, dadurch, daß sie mit ihren Flügeln die Lufttheilchen schneller schlagen, als diese auszuweichen im Stande sind. Eben darauf beruht der Mechanismus des Schwimmens der Menschen und vierfüßigen Thiere im Wasser. Daß die letztern leichter schwimmen, als Menschen, hat vorzüglich in der Stellung ihres Kopfs und dem Ligamento nuchae seinen Grund, wodurch sie nicht genöthigt werden, einen Theil ihrer Muscularkraft dahin zu verwenden, wohin ihn der Mensch verwenden muß, nämlich den Kopf aus dem Wasser bey der horizontalen Lage des Körpers hervorragend zu machen. — Uebrigens läßt sich leicht beweisen, daß der stärkste Mann in seinen Armen nicht die Muskelkraft besitze, die nöthig wäre, um Flügel von der hinreichenden Geschwindigkeit zu schwingen, um damit in der Luft fliegen zu können.

Der Körper der Menschen ist gewöhnlich specifisch schwerer, als Wasser. Nach Muschenbroek (introd. ad philos. nat. T. II. §. 1399.) ist sein eigenthümliches Gewicht gegen das des Wassers wie 1,111 zu 1,000; oder ein gleiches Volum Wasser wiegt $\frac{1}{9}$ weniger, als der Körper des Menschen. Beym Mechanismus des Schwimmens nun hat der Mensch nicht sein ganzes absolutes Gewicht im Wasser emporzuhalten, sondern nur sein respectives Gewicht, oder diesen Ueberschuß seines absoluten Gewichts über das absolute Gewicht eines so großen Wasservolums, als er aus der Stelle drängt, addirt zu dem Gewichte des Theils von ihm, der noch hervorragt.

Da sich beym Hineintreten ins Wasser die Lage des Schwerpuncts des Körpers nach oben in den Theil des Körpers erhebt, der noch hervorragt, so wird dadurch die Gefahr des Umschlagens im Wasser gar sehr vermehrt, wenn man nur bis an den Leib oder bis an die Brust im Wasser geht. Auf diesen Umstand müßte beym Baden in der That sehr Rücksicht genommen werden; und Personen, die nicht schwimmen können, müßten sich nur an seichten Stellen sitzend oder liegend baden. Man lese hierüber einen Aufsatz des Hrn. Hofr. Ebell im Neuen hannöverischen Magazin 1792. St. 82.

Beyspiele von Menschen, die meist eben so schwer, als Wasser, und meist noch leichter, als dasselbe waren, sehe man bey Robertson (in den *Philosoph. Transact.* Vol. L. S. 30.).

Das

Das Beyspiel von Paolo Moccia, der zwar 300 neapolitanische Pfund wog, aber doch noch 30 Pf. leichter war, als ein eben so großes Volum Wasser, erzählt Karsten (Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Theil III. Hydrostatik §. 31.)

§. 349. Die Kräfte, mit welchen gleich große feste Körper von schwererer Art in einer specifisch leichtern Flüssigkeit zu Boden sinken, verhalten sich wie ihre respectiven Gewichte (§. 334.); und die Kräfte, mit welchen verschiedene specifisch leichtere feste Körper von gleichem Umfange in einer specifisch schwerern Flüssigkeit emporsteigen, verhalten sich wie die Differenzen des Gewichts der festen Körper und der flüssigen Materie, die aus der Stelle getrieben wird. Das Aufsteigen und das Niedersinken geschieht mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit.

§. 350. Die schönste Anwendung finden die bisher vorgetragenen Sätze von dem Drucke der tropfbar-flüssigen Körper auf feste in sie eingetauchte (§. 332. ff.) an dem darauf sich gründenden Verfahren, das eigenthümliche Gewicht fester und flüssiger Körper unter einander zu vergleichen. Das vorzüglichste Werkzeug hierzu ist die hydrostatische **Waage**, die sich eigentlich von einer gewöhnlichen Waage nur durch ihre größere Empfindlichkeit auszeichnet, sonst aber zu der Absicht, feste oder flüssige Körper damit in flüssiger Materie abzuwägen, eine eigenthümliche bequemere Einrichtung haben muß.

§. 351. Zur Vergleichung des eigenthümlichen Gewichts mehrerer Körper unter einander muß man das eigenthümliche Gewicht irgend eines Körpers zur Ein-

Einheit annehmen. Man wählt dazu am bequemsten reines destillirtes Regen- oder Schneewasser, dessen Temperatur man aber nothwendig, so wie der andern zu untersuchenden Körper, bestimmen muß, weil sich die Dichtigkeit der Körper, wie im Folgenden weiter dargethan werden wird, nach der verschiedenen Temperatur sehr verändert.

Nöthige Erinnerungen wegen des Aufhängens der festen Körper an die hydrostatische Waage. Man wählt dazu Pferdehaar, dessen eigenthümliches Gewicht von dem des Wassers nicht sehr verschieden ist.

§. 352. Um das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts verschiedener flüssiger Körper gegen reines Wasser zu finden, bringt man einen festen Körper, (einen solchen, der von den Flüssigkeiten nicht angegriffen oder aufgelös't wird, am besten eine massive Glaskugel,) erst an der hydrostatischen Waage hängend ins genaueste Gleichgewicht, versenkt ihn dann in das Wasser, merkt genau den Verlust, welchen er an seinem absoluten Gewichte erleidet, trocknet ihn dann wieder gehörig ab, und bestimmt mit gleicher Sorgfalt den Verlust, welchen er in den andern zu untersuchenden Flüssigkeiten erleidet. Das Gewicht, das ein und eben derselbe feste Körper in einer jeden andern flüssigen Materie verliert, durch das dividirt, das er im Wasser verliert, giebt das eigenthümliche Gewicht der flüssigen Materie gegen das zur Einheit angenommene eigenthümliche Gewicht des reinen Wassers.

Man findet nämlich durch dieses Verfahren das absolute Gewicht der verschiedenen Flüssigkeiten und des reinen Wassers, bey gleichem Volum, nämlich bey dem Volum des eingetauchten festen Körpers; oder der Verlust desselben an seinem absoluten Gewichte in den Flüssigkeiten ist das Gewicht dieser Flüssigkeiten bey seinem Volum (§. 333.). Die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten verhalten sich folglich wie

diese absoluten Gewichte, oder wie der Verlust des festen Körpers in denselben.

§. 353. So kann man auch dadurch finden, wie groß das absolute Gewicht eines gewissen gegebenen Volums einer Flüssigkeit sey, wenn man einen schweren festen Körper von diesem gegebenen Volum in der Flüssigkeit abwiegt und den Verlust desselben darin merkt. Denn der feste Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewichte, als die Flüssigkeit wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt (§. 333.).

Nach wiederhohlten Versuchen, die ich mit dem sel. Hrn. Hofr. Karsten angestellt habe, wiegt ein rheinländischer Decimalcubikzoll reines destillirtes Wasser bey 65 Graden Fahrenh. $502\frac{11}{16}$ Gran cölln. oder $492\frac{11}{16}$ Gran im Medicinalgewichte: ein rheinl. Cubikfuß Wasser von der genannten Temperatur wiegt also im cölln. Gewichte $502687\frac{1}{2}$ Gran, oder 65 Pfund, 14 L., 2 Q. $7\frac{1}{2}$ Gr.; im deutschen Medicinalgewichte aber, (das Pfund zu 16 Unzen,) 64 Pfund, 1 Unze, 3 Drachmen, 2 Scrupel, $9\frac{1}{2}$ Gran. (Karstens Anleitung zur gemeinnützl. Kenntniß der Natur §. 42.)

Die Angaben verschiedener Naturforscher über das Gewicht eines gegebenen Volums des reinen Wassers von einer bestimmten Temperatur sind abweichend. Ein Haupterforderniß hierbey ist, daß der Cubus, dessen man sich dazu bedient, auf das genaueste gearbeitet sey; denn gesetzt, daß man sich dazu eines Würfels von 1 oder 2 Decimalcubikzollen bedient, so wird ein geringer Fehler bey der Bestimmung des Gewichts des Cubikfußes Wasser durch denselben, 1000 oder 500 mal wiederhohlt schon groß ausfallen müssen. Lulofs (Grondbeginzelen der Wynroey en Peilkunde. Leiden 1764. 8.), der nach van Swindens Zeugnisse hierauf sehr große Sorgfalt verwandte, und sich auch eines größern, mit vorzüglicher Genauigkeit gearbeiteten, Würfels bediente, fand das Gewicht eines rheinl. Cubikfußes Regenwasser von 64° Fahrenh., 62 Pfund, 9 Unzen, 5 Drachm., 36 Gr. im Troygewichte. Dies auf cöllnisches Gewicht reducirt, weicht von der Karstenschen Angabe nur um weniges ab. — Ein zweyter Umstand ist hierbey die Genauigkeit und Richtigkeit der Gewichte, deren man sich bedient.

Herr Schmidt (phys.-mathematische Abhandl. B. I. S. 98.) hat die Bestimmungen mehrerer Beobachter auf gleiche Maaße und Gewichte reducirt, und darnach wiegt ein pariser

Duode-

	Duodecimalcubikzoll		Cubikfuß
Brunnenwasser			
nach Wolf	371,85 Gr.	—	69,724 Pf. (paris)
Regenwasser			
nach Karsten	368,11 "	—	69,015 "
nach Muschenbroek	375,79 "	—	70,46 "
nach 's Gravesande	377,33 "	—	70,748 "
nach Eisenschmidt	369,6 "	—	69,300 "
nach Kirwan	375,5 "	—	70,321 "
nach Brisson, Lavoisier	373,33 "	—	70,008 "
nach Schmidt	370,27 "	—	69,426 "

§. 354. Um das eigenthümliche Gewicht schwerer fester Körper gegen das Wasser zu vergleichen, so bringe man den Körper zuerst in der Luft ins Gleichgewicht, und bestimme dann genau den Verlust, den er ins Wasser versenkt leidet. Sein absolutes Gewicht, durch das dividirt, das er im Wasser verliert, giebt das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 355. Körper, welche sich im Wasser auflösen lassen, wiegt man entweder im stärksten Weingeiste oder in Terpentinöhle ab, auf eben die Art, wie im Wasser. Weiß man nun das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts dieser Flüssigkeiten gegen das eigenthümliche Gewicht des Wassers, (das man nach §. 352. suchen kann,) so kann man auch leicht das eigenthümliche Gewicht des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers durch Rechnung finden.

§. 356. Um kleine Stücke oder ein grobes Pulver von einem Körper, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als das des Wassers, in Rücksicht des Verhältnisses dieser eigenthümlichen Gewichte zu unter-

untersuchen, so kann man so verfahren: Man bringe eine kleine gläserne Flasche, die recht trocken ist, an der hydrostatischen Waage ins Gleichgewicht, thue den festen Stoff hinein, merke sein absolutes Gewicht, fülle das Gefäß mit destillirtem Wasser voll, bemerke das Gewicht von beyden zusammen, ziehe von der Summe das Gewicht der festen Masse ab; der Rest giebt das Gewicht des Wassers an. Man leere die gläserne Flasche aus, reinige sie, fülle sie wieder mit destillirtem Wasser eben so hoch an als vorher, und bestimme das Gewicht des Wassers. Dieses Gewicht des Wassers von dem Gewichte des Wassers bey der ersten Operation abgezogen, giebt im Reste das Gewicht des Wassers an, das vorher mit dem festen Körper einerley Raum einnahm. Das absolute Gewicht des festen Körpers, durch das dividirt, das ein eben so großer Wasserklumpen wiegt, giebt das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers. — Oder man bestimme erst den Verlust eines gläsernen Eimers im Wasser, wiege darauf den festen Körper darin ab, merke sein absolutes Gewicht, versenke den Eimer ins Wasser, merke seinen Verlust, und ziehe hiervon den Verlust des Gewichts des Eimers ab, so giebt der Rest den Verlust des festen Körpers allein an; und also, nach dem Vorhergehenden, leicht das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das Wasser.

Auf diese Weise läßt sich auch das eigenthümliche Gewicht des Quecksilbers finden.

§. 357.

§. 357. Aus dem, was ein fester Körper von seinem absoluten Gewichte in einer flüssigen Materie verliert, kann man auch sehr leicht die Größe des festen Körpers im Cubikmaaße finden, wenn man das absolute Gewicht der Flüssigkeit, das in einem gegebenen Cubikmaaße enthalten ist, weiß. Wenn ich z. B. weiß, was ein Cubikzoll reines Wasser wiegt, so ist der feste Körper so viel Cubikzoll groß, als das Gewicht eines Cubikzolles Wasser in dem Verluste seines absoluten Gewichts in diesem Wasser enthalten ist.

§. 358. Um feste Körper, welche specifisch leichter sind, als Wasser, ihrem eigenthümlichen Gewichte nach gegen das Wasser zu vergleichen, so kann man einen specifisch schwerern damit verbinden, den Verlust beyder im Wasser bemerken, und den Verlust des schwerern allein hernach von dem Verluste des Ganzen zusammen abziehen, so wird der Rest angeben, wie viel das Wasser wiegt, das mit dem leichtern einerley Raum erfüllt. Das absolute Gewicht des leichtern, durch das Gewicht dieses gleich großen Volums vom Wasser dividirt, giebt alsdann das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des leichtern festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 359. Wenn der Körper aus mehrern mit einander verbundenen Materien von ungleichem eigenthümlichen Gewichte besteht, so erfährt man durch das Wasserwägen nur das **mittlere** specifische Gewicht, oder dasjenige, welches aus der gleichförmigen

Ver-

Vertheilung der aggregirten Stoffe in dem Inbegriffe des Körpers entspringen würde. So kann auch ein Körper seinem ganzen Volum nach ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als Wasser, und in seinen eigentlichen Theilen doch ein größeres, wie es z. B. bey Holz, Holzkohlen, wegen der Luft, die sie eingeschlossen enthalten, der Fall ist.

§. 360. Eine andere Methode, die specifischen Gewichte tropfbar-flüssiger Dinge zu bestimmen, giebt der Gebrauch der hydrostatischen Senkwaagen oder **Areometer** (Areometra, Hygrometra), die man auch für besondere Fälle **Salzwaagen, Bierwaagen, Branntweinwagen,** u. s. w. nennt. Man hat davon zweyerley Gattungen: mit **beständigem** und mit **veränderlichem Gewichte.** Jene nennt man auch **Areometer mit Scalen.**

§. 361. Areometer mit unveränderlichem Gewichte (§. 360.) bestehen aus einer Röhre CD (Fig. 127. Taf. XIII.), die unten mit einem hohlen Gefäße AJB zusammenhängt, worin so viel Gewicht oder besser Quecksilber sich befindet, daß das Werkzeug sich in der einen oder der andern Art von liquiden Flüssigkeiten bis auf eine gewisse Tiefe senke. Das ganze Gewicht dieser Senkwaage darf nicht so groß seyn, als das Gewicht eines eben so großen Raumesinhaltes der leichtesten unter den tropfbar-flüssigen Materien, deren eigenthümliches Gewicht dadurch noch erforscht werden soll, damit sie darin nicht ganz untersinke. Der Hals der Senkwaage wird in Grade

CH,

CH, HN, NP, PQ abgetheilt; die beym Schwimmen des Areometers in den zu prüfenden Flüssigkeiten darein eingetauchten Theile, z. B. BC und BH, verhalten sich umgekehrt wie die eigenthümlichen Gewichte dieser Flüssigkeiten (§. 344.), auf welchen Satz sich der Gebrauch dieser Senkwaagen gründet.

§. 362. Um vermittelst dieser Areometer (§. 361.) die Verhältnisse der eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten genau zu bestimmen, ist es nöthig: daß der Hals des Werkzeuges vollkommen cylindrisch sey; daß es völlig senkrecht in den Flüssigkeiten schwimme; daß das Gewicht des Areometers bekannt sey; und endlich, daß die Abtheilungen oder Grade CH, HN, NP, PQ am Halse desselben bekannte Theile dieses Gewichts sind. Am bequemsten ist es, wenn die Senkwaage die Einrichtung hat, daß sie anzeigt, wie vielmal das specifische Gewicht des reinen Wassers im specifischen Gewichte der zu prüfenden flüssigen Materie enthalten ist. Die hierzu erforderliche Eintheilung der Röhre muß durch Versuche und Rechnung gefunden werden. Damit die Areometer desto empfindlicher sind und die kleinsten Unterschiede der eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten anzeigen, so muß der Hals derselben in Vergleichung mit dem untern Gefäße sehr dünn seyn.

Tillet, in den *Mémoires de l'academie roy. des sciences*, vom J. 1768. S. 450; *Le Roy*, ebendas. vom J. 1770. S. 528. *De Luc*, in den *philosoph. Transact.* Vol. LXVIII. S. 500, und im *Journ. de physique*, T. XVIII. S. 480. *van Swinden* positiones physicae, T. II. P. I. S. 47. ff. Karstens Anfangsgr. der mathem. Wissenschaften, B. II. S. 198.

§. 363. Der letztern Bedingung wegen müßte eine Senkwaage mit einer sehr langen Röhre versehen seyn, wenn sie zur Bestimmung des Unterschiedes der eigenthümlichen Gewichte aller der Flüssigkeiten dienen sollte, deren eigenthümliches Gewicht zwischen ein Paar Grenzen fällt, deren Verhältniß gegen einander wie 1 zu 2 oder nur zu $1\frac{1}{2}$ ist, womit mehr als Eine Unbequemlichkeit verbunden seyn würde, zumal wenn die Abtheilungen an der Röhre das eigenthümliche Gewicht der Flüssigkeiten nach allen zwischen diese Grenzen fallenden Stufen bis auf Tausendtheilchen vom Gewichte einer eben so großen Menge reinen Wassers anzeigen sollten. Deshalb ist es nöthig, mehrere dergleichen Senkwaagen zu haben, wovon der Gebrauch einer jeden für solche Flüssigkeiten eingeschränkt ist, deren eigenthümliches Gewicht zwischen ein Paar engere Grenzen fällt, deren Verhältniß etwa nur wie 1 zu 1,100 ist. Die Senkwaagen müssen übrigens aus solchen Materien verfertigt seyn, die von den Flüssigkeiten, zu deren Prüfung sie bestimmt sind, nicht angegriffen werden; am besten sind sie von Glas. Uebrigens ist bey dem Gebrauche aller Senkwaagen zu bemerken: daß sie ganz rein sind; daß man genau die Stelle, bis an welche sie sich eintauchen, beobachte; und dann, daß die zu prüfende Flüssigkeit eine bestimmte Temperatur habe.

§. 364. Sonst richtet man die Abtheilungen der Scale dieser Areometer mit unveränderlichem Gewichte auch so ein, daß sie, wie z. B. die **Branntweinwaagen** oder **Alcoholometer**, bey einer Mischung von Flüssig-

sigkeiten gleich angeben, wie viel sie von der einen oder der andern Flüssigkeit enthalte; oder, wie z. B. die Soolwaagen oder Salzspindeln, bey Auflösungen, wie groß der Gehalt des aufgelös'ten Körpers in der Auflösung sey. Auf diese Weise wird aber der Gebrauch des Areometers sehr eingeschränkt.

Besser ist es daher, bey gemischten Flüssigkeiten die für die verschiedenen Mischungsverhältnisse gehörigen specifischen Gewichte durch genaue Versuche zu bestimmen und in Tabellen zu bringen, um so im erforderlichen Falle aus dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit das correspondirende Mischungsverhältniß zu erfahren. Wir haben dergleichen schon für Salzauflösungen und Mischungen von Alcohol und Wasser, und so bedarf es dann keiner besondern Soolwaagen und Branntweinwaagen. Ich werde solche Tabellen in der Folge mittheilen.

Schmidt, in Grens neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 117. ff.

§. 365. Weil überhaupt aber die Verfertigung der Areometer mit Scalen, wenn sie die eigenthümlichen Gewichte von Flüssigkeiten genau anzeigen, und überhaupt die nach §. 362. erforderlichen Eigenschaften haben sollen, mit sehr großen Schwierigkeiten verknüpft ist; so kann man nicht anstehen, der zweyten Art der Senkwaagen (§. 360.), den **Areometern mit veränderlichem Gewichte**, die man auch **Fahrenheitische Areometer** nennt, den Vorzug einzuräumen. Das Einfache in ihrer Construction macht sie eben so empfehlenswerth, als die Allgemeinheit ihres Gebrauchs. Sie lassen sich auch so einrichten, daß sie ohne Rechnung gleich die eigenthümlichen Gewichte der dadurch zu prüfenden Flüssigkeiten im Verhältnisse zum Wasser angeben. Von dieser Art ist das von Hrn. **Schmidt** beschriebene und von Hrn. **Ciarcy** verfertigte Areometer, das mit Recht den

Namen

Namen eines **allgemeinen Areometers** verdient. A (Fig. 128. Taf. XIII.) ist ein hohles birnförmiges Gefäß von Glas in seiner natürlichen Größe, welches oben, vermittelst eines massiven Glasstängelchens, die Schaale B trägt, unten aber durch einen etwas stärkern massiven Glasstiel D mit einem kleinern umgekehrten birnförmigen Gefäße C verbunden ist. Dieses untere Gefäß wird durch eine bey C angebrachte anfänglich offene Spitze mit Quecksilber gefüllt, daß das ganze Werkzeug 700 bekannte Gewichtstheile, (halbe Grane des cöllnischen Markgewichts,) wiegt, und es sind noch genau 300 Gewichtstheile oben in die Schüssel zu legen, wenn sich das Werkzeug in Regen- oder destillirtes Wasser (bey 15° R.) bis an die mit einem Zeichen versehene Stelle E des Halses einsenken soll. Es wiegt folglich das Volumen des Wassers, das es dann aus der Stelle drängt, 1000 Gewichtstheile. Wenn man nun bey der Prüfung jeder andern Flüssigkeit durch die Veränderung des Auflegegewichts in der Schaale es dahin bringt, daß es sich darein bey eben der Temperatur eben so tief bis E einsenke, so giebt das aus der Schaale herausgenommene oder hinzugelegte Gewicht den Unterschied zwischen dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit und des Wassers von gleicher Temperatur an. Ferner drückt die Summe der Auflegegewichte und des Gewichts des Areometers jedesmal das specifische Gewicht der Flüssigkeit aus, wenn das specifische Gewicht des Wassers = 1000 gesetzt ist. Wenn z. B. nur 132 Gewichtstheile in die Schaale zu legen nöthig wären,

wären, damit die Senkwaage sich bis E in die zu prüfende Flüssigkeit eintauche, so wäre das eigenthümliche Gewicht derselben zu dem des Wassers wie 700 + 132 : 1000, das ist, wie 0,732 : 1,000. Weil die größte Menge der Auflegegewichte nicht gut über 500 Gewichtstheile gehen darf, damit der Schwerpunct des so belasteten Werkzeuges nicht zu hoch zu stehen komme; so wird noch ein zweytes nach ganz ähnlichen Grundsätzen verfertigt, das 1200 Gewichtstheile, und mit den größten Auflegegewichten über 2000 Gewichtstheile wiegt, um auch für die schwersten Flüssigkeiten zu dienen.

Beschreibung eines sehr bequem eingerichteten allgemeinen Aräometers, von Herrn *G. G. Schmidt*; in *Grens Journal der Physik*, B. VII. S. 186. ff.

Wilke, in den schwed. Abhandl. B. XXXII. S. 279. ff.

§. 366. Die Areometer mit veränderlichem Gewichte lassen sich auch zur Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts fester Körper einrichten. Hierher gehört das **Nicholsonsche Areometer**, das dazu sehr bequem eingerichtet ist, und auch den Vortheil hat, daß dadurch jedesmal mehrere Stücke eines festen Körpers gewogen werden können, die einzeln zu klein seyn würden, um mit Genauigkeit ihr specifisches Gewicht zu bestimmen. Fig. 129. (Taf. XIII.) zeigt das Instrument, das aus weißem Bleche verfertigt werden kann. Es ist so eingerichtet, daß es im Wasser vertical schwimme, und dabey noch ein Theil des Körpers OT hervorrage. Unten ist ein kegelförmiger Eimer E befestigt, in welchem, um den Schwerpunct herabzubringen, ein passendes conisches Stück

Bley

Bley liegt. Es sind also Auflegegewichte auf die Schaale F nöthig, damit es sich bis an das Zeichen b des dünnen Drahtes, der die Schaale F trägt, einsenke. Diese Gewichte merkt man ein- für allemal. Wenn man nun einen festen Körper, (dessen Gewicht aber jene nicht übertreffen darf,) untersuchen will, so legt man ihn auf die Mitte der leeren Schaale F des im Wasser schwimmenden Instruments, und noch so viel Gewichte zu, daß die Senkwaage sich bis b eintauche. Die zuzulegenden Gewichte abgezogen von den vorigen, ein- für allemal bestimmten, Auflegegewichten giebt im Reste, was der feste Körper in der Luft wiegt. Man legt hierauf den Körper in den Eimer E, und läßt das Werkzeug wiederum im Wasser schwimmen. Weil nun der Körper im Wasser von seinem Gewichte verliert, so wird man zu den Gewichten in der Schaale noch hinzulegen müssen, damit das Areometer sich wiederum bis b eintauche. Diese zuzusetzenden Gewichte werden anzeigen, wie viel der feste Körper im Wasser verliert; und das absolute Gewicht desselben in der Luft, dividirt durch diesen Verlust im Wasser, wird folglich angeben, wie groß sein eigenthümliches Gewicht gegen das zur Einheit angenommene des Wassers sey.

Beschreibung eines sehr bequemen Instruments zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Mineralien, von Hrn. *Haüy*, in *Grens Journ. d. Phys.* B. V. S. 502. ff.

§. 367. Das Abwägen der Flüssigkeiten in einem Gefäße, das genau bis zu einerley Höhe damit gefüllt wird, giebt noch eine Methode zur Bestimmung des eigen-

eigenthümlichen Gewichts derselben, weil sich dieses verhält, wie die absoluten Gewichte bey gleichem Volum. Indessen gewährt diese Methode doch keine große Genauigkeit und ist leicht Irrthümern unterworfen.

§. 368. Folgende Tabelle giebt das eigenthümliche Gewicht mehrerer Materien gegen das zur Einheit angenommene des reinen Wassers an:

1) Metalle.

Platin, geschmiedet - -	21,061	(Sickingen)
— geschmolzen - -	19,500	(Brisson)
— geschmiedet - -	20,336	- -
— zu Draht gezogen -	21,041	- -
— in Blechen - -	22,069	- -
Gold, - - - -	19,640	(Muschenbroek)
— gegossen - - -	19,258	(Brisson)
— gehämmert - -	19,361	- -
Silber, - - - -	10,542	(Muschenbroek)
— gegossen - - -	10,474	(Brisson)
— gehämmert - -	10,510	- -
Kupfer, gegossen - -	7,788	- -
— zu Draht gezogen -	8,878	- -
— japanisches, gegossen -	8,726	(Muschenbroek)
— — geschmiedet -	9,000	- -
Eisen, Roheisen - -	7,207	(Brisson)
— Stangeneisen - -	7,788	- -
— — schwed. - -	7,765	(Muschenbroek)
— Stahl - - -	7,833	(Brisson)
— — geschmiedet, nicht gehärtet -	7,840	- -
— — — und gehärtet	7,810	- -
Zinn, von Cornwall, gegossen	7,291	- -
— — — gehämmert	7,299	- -
— von Malacca, gegossen	7,296	- -
— — — —	7,331	(Muschenbroek)
— — — gehämmert	7,306	(Brisson)
— von Bancas - -	7,216	(Muschenbroek)
Bley, gegossen - - -	11,352	(Brisson)

Bley, gegossen - - -		11,445	(Muschenbroek)
Zink, gegossen - - -		7,190	(Brisson)
— Goslarscher - -		7,215	(Muschenbroek)
Wismuth, gegossen - -		9,822	(Brisson)
— — - -		9,670	(Bergmann)
Kobalt, gegossen - - -		7,811	(Brisson)
— — - - -		7,700	(Bergmann)
Spießglanz, gegossen - -		6,702	(Brisson)
— — - -		6,860	(Bergmann)
— — - -		6,852	(Muschenbroek)
Arsenik - - - -		8,308	(Bergmann)
Nickel, gegossen - - -		9,000	- -
Magnesium - - -		6,850	- -
Quecksilber - - -		13,550	(Muschenbroek)
— - - - - -		14,110	- -
— - - - - -		13,568	(Brisson)
— nach der Mittelzahl aller Versuche von Muschenbroek		13,674	

2) Erden und Steine.

Kreide - - - - -		2,315	(Kirwan)
— - - - - -		2,252	(Muschenbroek)
Dichter Kalkstein - - -		1,386	
	bis	2,7..	(Kirwan)
Körniger Kalkstein - -		2,710	
	bis	2,837	- -
Carrarischer Marmor - -		2,716	(Brisson)
Parischer — - -		2,837	- -
Isländischer Kalkspath - -		2,715	- -
Bitterspath - - - -		2,480	(Kirwan)
Mergelerde - - - -		1,600	
	bis	2,400	- -
Verhärteter Mergel - -		2,300	
	bis	2,700	- -
Bituminöser Mergelschiefer -		2,361	
	bis	2,442	- -
Schieferspath - - -		2,647	- -
Braunspath - - -		2,837	(Brisson)
Dolomit - - -		2,850	
	bis	2,862	(Kirwan)
Gyps, dichter - - -		1,872	
	bis	2,288	- -
— faseriger - - -		2,300	- -

Gyps, blättriger		2,274	
	bis	2,310	(Kirwan)
Fraueneis		2,311	- -
Flußspath		3,155	
	bis	3,191	(Brisson)
Apatit		2,824	
	bis	3,218	(Kirwan)
Tungstein		6,066	(Brisson)

Witherit		4,338	(Kirwan)
Schwerspath, dichter		4,300	
	bis	4,400	- -
— blättriger		4,300	
	bis	4,800	- -
— faseriger		4,440	- -
— bologneser		4 440	- -
Leberstein		2,666	- -

Meerschaum		0,336	(Groß)
Venetianischer Talk		2.780	(Muschenbroek)
Speckstein		2,727	(Brisson)
Topfstein, von Como		2,872	(Kirwan)
— schweizerischer		3,023	(Saussüre)
— von Dauphiné		2,768	(Brisson)
— schwedischer		2,853	- -
Serpentin, von Zöbliz		2,560	(Kirwan)
Asbest, von Zöbliz		2,547	- -
Amiant		2,444	(Muschenbroek)
Bergkork		0,680	
	bis	0,993	(Brisson)
Asbestartiger Strahlstein		2,584	(Kirwan)
Gemeiner —		2,806	
	bis	3,356	- -
Glasartiger —		2,950	
	bis	3,493	- -
Nephrit		2,966	(Brisson)
	bis	3,041	(Saussüre)
Bitterstein		3,320	
	bis	3,380	(Höpfner)
Baikalith		2,200	(Lowiz)
Boracit		2,566	(Westrumb)

Töpferthon		1,800	
	bis	2,000	(Kirwan)

Schiefer.

Schieferthon		2,600	
	bis	2,680	(Kirwan)
Wetzſchiefer		2,876	
	bis	3,131	(Briſſon)
Steinmark, verhärtetes		2,815	(Kirwan)
Bol, armeniſcher		2,727	(Muſchenbroek)
Zeichenſchiefer		2,186	(Briſſon)
Grünerde		2,637	(Kirwan)
Lepidolith		2,816	
Kyanit		3,517	(Sauſſüre)
Glimmer, ruſſiſcher		2,791	(Briſſon)
— ſchwarzer		2,938	
Micarell		2,980	(Kirwan)
Hornblende		3,410	
— baſaltiſche		3,333	
— labradoriſche		3,350	
	bis	3,434	
Hornblendeſchiefer		2,909	
	bis	3,153	
Wacke		2,535	
	bis	2,893	
Trapp		2,780	
	bis	3,021	
Baſalt		2,864	(Briſſon)
	bis	3,000	(Bergmann)
Thonſchiefer		2,670	
	bis	2,880	(Kirwan)
Bergkryſtall		2,653	(Briſſon)
Quarz		2,647	
	bis	2,654	
Amethyſt		2,651	(Kirwan)
Smaragd		2,775	(Briſſon)
Beryll, ſibiriſcher		2,722	
— braſilianiſcher		2,782	
Praſer		2,580	
Orientaliſcher Rubin		4,283	
Orientaliſcher Topas		4,010	
Orientaliſcher Sapphir		3,994	
Spinell		3,760	
[illegible]		3,570	(Klaproth)
Rubinſpath [illegible]		3,454	(Kirwan)
Braſilianiſch[illegible]		[illegible]531	(Briſſon)

Brasilianischer Topas		3,536	(Brisson)
Sächsischer Topas		3,564	- -
Orientalischer Aquamarin		3,548	- -
Brasilianischer Sapphir		3,130	- -
Hyacinth		3,687	- -
Ceylonischer Zirkon		4,416	- -
Böhmischer Granat		4,188	- -
Leucit		2,468	- -
Chrysoberyll		3,698	
	bis	3,719	(Kirwan)
Chrysolith		3,340	
	bis	3,410	(Werner)
Olivin		2,960	
	bis	3,225	(Kirwan)
Obsidian		2,348	(Brisson)
Schörlartiger Beryll		3,530	(Klaproth)
Schwarzer Stangenschörl		3,363	(Brisson)
Brasilianischer Turmalin		3,130	
	bis	3,155	- -
Thumerstein		3,295	(Kirwan)
Prenit		2,942	- -
Zeolith		2,083	
	bis	2,073	Brisson)
— von Adelfors		2,486	- -
Kreuzstein		2,355	
	bis	2,361	(Kirwan)
Lasurstein		2,896	- -
Chrysopras		2,479	- -
Edler Opal		2,144	(Blumenbach)
Halbopal		1,700	
	bis	2,118	(Kirwan)
Gemeiner Opal		1,958	
	bis	2,075	(Klaproth)
Pechstein		2,049	
	bis	2,319	(Brisson)
Hyalith		2,110	(Kirwan)
Chalcedon		2,664	(Brisson)
Carneol		2,613	- -
Katzenauge		2,560	
	bis	2,660	(Kirwan)
Feuerstein		2,581	
	bis	2,673	(Brisson)
Hornstein		2,532	
	bis	2,653	(Kirwan)

Kiesel-

Kieselschiefer		2,596	
	bis	2,641	(Kirwan)
Porphyrschiefer		2,512	
	bis	2,700	- -
Gemeiner Jaspis		2,580	
	bis	2,700	- -
Aegyptischer Jaspis		2,564	(Brisson)
Sinopel		2,691	- -
Porzellanjaspis		2,330	(Kirwan)
Heliotrop		2,629	
	bis	2,700	- -
Holzstein		2,045	
	bis	2,675	- -
Elastischer Quarz		2,624	- -
Feldspath		2,437	
	bis	2,600	- -
Mondstein		2,559	- -
Bimstein		0,914	(Brisson)
Labradorstein		2,670	
	bis	2,692	(Kirwan)
Demantspath		3,710	(Klaproth)
Strontionit		3,400	
	bis	3,644	(Kirwan)
Granit		2,538	
	bis	2,956	(Brisson)
Porphyr		2,765	
	bis	2,793	- -
Sandstein		2,111	
	bis	2,561	- -

3) Erdharze.

Bergnaphtha		0,708	(Muschenbroek)
Petroleum		0,854	- -
Asphalt		1,203	
	bis	1,744	- -
Steinkohle		1,270	
	bis	1,500	- -
Bernstein		1,065	
	bis	1,110	(Muschenbroek)
Braunkohle		1,019	
	bis	1,292	(Gren)

4) Schwefel.

Natürlicher Schwefel - -	2,033	(Brisson)
Stangenschwefel - - -	1,800	(Muschenbroek)
bis	1,990	(Brisson)

5) Kohlige Substanzen des Mineralreichs.

Graphit - - - -	1,860	(Muschenbroek)
Kohlenblende - - -	1,468	(Groß)

Diamant - - - -	3,521	
bis	3,654	(Muschenbroek)

6) Metallkalke und Erze.

Weisser Arsenik - - -	3,694	(Muschenbroek)
Rother Arsenik - - -	3,223	- -
Operment - - -	3,313	- -
Gelber Arsenik - - -	3,521	- -
Galmey - - - -	2,560	
bis	4,409	- -
Tutia - - - -	4,615	- -
Schwefelkies - - -	4,789	
bis	4,912	- -
Kupferkies - - - -	3,800	
bis	4,158	- -
Graues Spießglanzerz - -	4,700	
bis	4,858	- -
Glas vom Spießglanze - -	4,760	
bis	5,280	- -
Rothgültigerz von Joh. Georgenstadt - - - -	5,354	- -
Zinnober, natürlicher - -	6,188	
bis	7,710	- -
— künstlicher - -	7,838	
bis	8,002	- -
Bleyglätte - - - -	6,044	- -
Bleyglanz - - - -	7,229	- -
Molybdän - - - -	4,738	(Brisson)

7) Künstliche Verglasungen.

Bouteillenglas, grünes - -	2,642	(Brisson)
Weißes Krystallglas - -	2,892	- -
bis	2,488	- -

Eng-

Englisches Flintglas - -	3,329	(Brisson)
Porzellän von Seves - -	2,145	- -
— von Limoges - -	2,341	- -
— von China - -	2,384	- -

8) Salze.

Vitriolöhl - - - -	1,877	
bis	1,700	(Muschenbroek)
Rauchende Salpetersäure -	1,583	- -
— Kochsalzsäure - -	1,194	(Brisson)
Boraxsäure - - -	1,479	(Muschenbroek)
Arseniksäure - - -	3,391	(Bergmann)
Roher Essig - - -	1,013	(Brisson)
Destillirter Essig - - -	1,009	- -
Roher Weinstein - - -	1,849	(Muschenbroek)
Weinsteinrahm - - -	1,900	- -
Aetzender Salmiakgeist - -	0,890	- -
	0,897	(Brisson)
Zerflossenes Weinsteinsalz - -	1,550	(Muschenbroek)
Vitriolisirter Weinstein - -	2,298	- -
Glaubersalz - - -	2,246	- -
Salpeter - - - -	1,900	- -
Rhomboidalsalpeter - -	1,869	- -
Reines Kochsalz - - -	1,918	- -
Steinsalz - - - - -	2,143	- -
Digestivsalz - - - -	1,836	- -
Reiner sublimirter Salmiak -	1,420	- -
Borax - - - - -	1,720	- -
Alaun - - - -	1,714	- -
Bleyzucker - - - -	2,395	- -
Englischer Vitriol - - -	1,880	- -
Zinkvitriol - - - -	1,900	- -
Weißer Zucker - - -	1,606	- -

9) Spirituöse Flüssigkeiten.

Schwefelnaphtha - - -	0,716	(Lowiz)
Alcohol, (der reinste) - -	0,791	- -
Burgunderwein - - -	0,991	(Brisson)
Maderawein - - -	1,038	- -
Weißer Franzwein - - -	1,020	(Muschenbroek)
Frontignac - - -	1,008	- -

Mallaga.

Mallagawein - - - - -	1,015	(Muschenbroek)
Rother Capwein - - -	1,018	- -
Weißer - - - - -	1,039	- -
Pontac - - - - -	0,993	- -
Champagnerwein - - -	0,962	- -
Moseler - - - - -	0,916	- -
Rheinwein - - - -	0,999	- -

10) Aetherische Oehle.

Lavendelöhl - - - -	0,893	(Brisson)
Nelkenöhl - - - -	1,034	(Muschenbroek)
Pommeranzenöhl - - -	0,888	- -
Zimmtöhl - - - -	1,035	- -
Sassafrasöhl - - -	1,094	- -
Rosmarinöhl - - -	0,934	- -
Fenchelöhl - - - -	0,997	- -
Wacholderöhl - - -	0,911	- -
Krausemünzenöhl - - -	0,975	- -
Terpentinöhl - - -	0,792	- -

11) Fette Oehle und thierische Fette.

Rindertalg - - - - -	0,955	(Muschenbroek)
Hammeltalg - - - -	0,943	- -
Schweineschmalz - - -	0,954	- -
Gelbes Wachs - - -	0,960	- -
Weißes Wachs - - -	0,966	- -
Baumöhl - - - -	0,913	- -
Leinöhl - - - -	0,932	- -
Rübsaamenöhl - - -	0,853	- -
Cacaobutter - - - -	0,891	(Brandis)
Süßes Mandelöhl - - -	0,928	(Muschenbroek)
Butter - - - - -	0,942	(Brisson)
Wallrath - - - - -	0,943	- -

12) Gummi's, Harze, Gummiharze 2c.

Arabisches Gummi - - -	1,452	(Brisson)
Traganth - - - - -	1,316	- -
Weißes Pech - - - -	1,072	- -
Sandarac - - - - -	1,092	- -
Mastix - - - - -	1,074	- -
Storax - - - - -	1,109	- -

Copal

Copal		1,045	
	bis	1,139	(Brisson)
Elemi		1,018	
Anime		1,028	
Labdanum		1,186	
Guayac		1,122	
Jalappenharz		1,218	
Drachenblut		1,204	
Gummilack		1,139	
Tacamahac		1,046	
Benzoe		1,092	
Caranna		1,124	
Ammoniakgummi		1,207	
Hederagummi		1,294	
Galbangummi		1,212	
Sarcocella		1,268	
Opoponax		1,622	
Gummigutt		1,221	
Euphorbium		1,124	
Olibanum		1,173	
Myrrhe		1,360	
Scammoneum		1,235	
Stinkender Asand		1,327	
Bdellium		1,371	
Federharz		0,933	
Kampher		0,988	
Aloe		1,358	
Opium		1,336	
Indigo		0,769	

13) Einige thierische Substanzen.

Elfenbein		1,825	(Muschenbroek)
Wallroßzahn		1,933	
Orientalischer Bezoar		1,530	
	bis	1,640	
Harnblasenstein		3,664	
	bis	1,700	
Krystallinischer Gallenstein		0,803	(Gren)
Rothe Corallen		2,689	(Muschenbroek)

Orien,

Orientalische Perlen	2,750	(Muschenbroek)
Krebsaugen	1,890	- -
Hünereyer	1,090	- -

14) Holzarten.

Indianisches Cedernholz	1,315	(Muschenbroek)
Buxbaumholz	1,328 u. 0,919	-
Brasilienholz	1,031	- -
Ebenholz	1,209	- -
Fernambucholz	1,014	- -
Franzosenholz	1,333	- -
Mahagonyholz	1,063	- -
Griesholz	1,200	- -
Altes Eichenholz	1,666	- -
Eichenholz vom Stamme	0,929	- -
Eichenholz von grünem Aste	0,870	- -
Rhodiserholz	1,125	- -
Weißes Sandelholz	1,041	- -
Rothes —	1,128	- -
Campecheholz	0,913	- -
Büchenholz	0,852	- -
Gelbes Sandelholz	0,809	- -
Erlenholz	0,800	- -
Ahornholz	0,755	- -
Eschenholz	0,734	- -
Apfelholz	0,793	- -
Pflaumenholz	0,785	- -
Haselnholz	0,600	- -
Birnenholz	0,661	- -
Ulmenholz	0,600	- -
Lindenholz	0,604	- -
Weidenholz	0,585	- -
Wacholderholz	0,556	- -
Sassafrasholz	0,482	- -
Tannenholz	0,550	- -
Pappelnholz	0,383	- -
Korkholz	0,240	- -

15)

Phosphorus	1,714	(Muschenbroek)

16)

Holzkohle	0,280	
	bis 0,441	(Zielm)

17)

17)

Eis	-	-	-	0,916 (Muschenbroek)
Reines Wasser	-	-	1,000	- -

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1417. Pésanteur specifique des corps — par Mr. *Brisson*, à Paris 1787. 4.

Von verschiedenen Luftarten giebt Hr. Lavoisier folgende Bestimmung:

Ein paris. Duodecimal-Cubikzoll

atmosphärische Luft wiegt		⸗	0,46005	Grän (franz.)
Stickluft	⸗	⸗	⸗	0,44444	⸗
Lebensluft	⸗	⸗	⸗	0,50694	⸗
brennbare Luft		⸗	⸗	0,03539	⸗
Luftsäure	⸗	⸗	⸗	0,68985	⸗
Salpeterluft	⸗	⸗	⸗	0,54690	⸗
flüchtig-alkalinische Luft		⸗	0,27488	⸗
Schwefelluft	⸗	⸗	⸗	1,03820	⸗

§. 369. Man kann von dieser Tabelle allerley nützliche Anwendungen machen. Denn außerdem, daß sich durch Vergleichung des gefundenen eigenthümlichen Gewichts einer gegebenen Substanz mit dem in dem Verzeichnisse angegebenen auf die Reinheit oder Aechtheit derselben in vielen Fällen schließen läßt, kann man auch dadurch das Gewicht des Cubikzolles oder des Cubikfußes der darin angegebenen Materien finden, wenn man die Zahl, die ihr specifisches Gewicht angiebt, mit dem Gewichte des Cubikzolles oder Cubikfußes Wasser (§. 357.) multiplicirt. So z. B. wiegt ein Cubikfuß (paris.) Wasser 69,015 Pf. (paris.); folglich wiegt ein (paris.) Cubikfuß Quecksilber 13,674 × 69,015 Pf. = 943,711 Pf. (paris.), oder 989,682 Pf. (cölln.) Gew.

1) Hierher gehört auch das so genannte Archimedeische Problem. Nach Vitruvs Erzählung (de architectura Lib. 9. Cap. 3.) hatte sich der König Hiero zu Syracus eine goldene Krone machen lassen, und kam auf den Verdacht, daß ihm der Goldarbeiter dabey einen Theil Gold entwendet und dagegen eben so viel Silber dem Golde zugesetzt habe.

habe. Archimedes sollte prüfen, ob der Verdacht gegründet sey, und er habe durch Wasserwägen den Betrug bestimmt, und das Verhältniß des Goldes zum Silber in der Krone angegeben. Archimedes Bücher περι των ὀχουμενων handeln nur von schwimmenden Körpern, und enthalten nichts von jenem Probleme. Man hält daher auch die Erzählung nach Vitruv für Fabel. Gesetzt aber, daß die Metalle bey ihrem wechselseitigen Zusammenschmelzen ihre Volumina nicht änderten, so würde sich allerdings das Verhältniß ihrer absoluten Gewichte in dem Gemische aus dem eigenthümlichen Gewichte desselben erkennen lassen, wenn die eigenthümlichen Gewichte der einzelnen Metalle bekannt sind. Denn wenn die eigenthümlichen Gewichte der Metalle vor der Vermischung D, d, die Volumina V, v, die absoluten Gewichte P, p heißen, so ist das eigenthümliche Gewicht nach der Vermischung, oder Δ, $= \frac{PV + pv}{V + v}$, und $P : p = D(\Delta - d) : d(D - \Delta)$.

Wenn nun die Krone des Hiero 20 Pf. schwer gewesen ist und beym Abwägen im Wasser $1\frac{1}{4}$ Pf. verloren hätte, so wäre ihr eigenthümliches Gewicht, oder Δ, $=$ 16,00 gegen das Wasser gewesen. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Goldes, oder D, hätte $=$ 19,64 seyn müssen. Setzen wir nun, daß der Zusatz Silber gewesen wäre, so wäre d $=$ 10,55. Es war also nach obiger Formel das Gewicht des Goldes, oder P, zu dem Gewichte des Silbers, oder p, in der Krone $=$ 19,64 (16,00 — 10,55) : 10,55 (19,64 — 16,00) $=$ 107,038 : 38,402. Es bestanden also 145,440 Theile des gemischten Goldes aus 107,038 Theilen feinem Golde und 38,402 Theilen Silber. Wenn wir nun nach der Regel de tri so ansetzen:

145,440 Pf. schlechtes Gold enthalten 107,038 Pf. feines Gold, was 20 Pf.? so erhalten wir 14,719 Pf. fein Gold, die mit 5,281 Pf. Silber vermischt die 20 Pf. der Krone ausgemacht haben.

Da aber die Metalle bey ihrem Zusammenschmelzen mehr oder weniger in einander greifen und nicht mehr die Dichtigkeit behalten, die sie der Berechnung zu Folge haben sollten (§. 184.), so sieht man leicht, daß jene Formel nicht die Verhältnisse der Quantitäten in der Mischung angeben kann, wenn man nicht weiß, wie sich die Dichtigkeit ändert. Auch läßt sie sich nicht bey der Zusammenschmelzung von mehr als zwey Metallen anwenden.

2) Wenn man Kochsalz in Wasser auflöst, so ist der Raum, welchen die Auflösung einnimmt, nicht mehr gleich der Summe der Räume des Kochsalzes und des Wassers. Es sind also eigene Beobachtungen und darauf gegründete Rechnungen nöthig, um aus dem specifischen Gewichte der Salzsolution die Menge des Salzes zu finden, die in einem gegebenen Gewichte der Salzsoole enthalten ist. Lambert (Histoire de l'acad. de Prusse 1762. T. XVIII. S. 27. ff.) hat eine solche Tabelle berechnet.

Gewicht

Gewicht des Salzes		Eigenthüml. Gewicht der Soole.	
0	—	—	1,000
10	—	—	1,007
20	—	—	1,014
30	—	—	1,021
40	—	—	1,027
50	—	—	1,034
60	—	—	1,041
70	—	—	1,047
80	—	—	1,054
90	—	—	1,060
100	—	—	1,067
110	—	—	1,073
120	—	—	1,080
130	—	—	1,086
140	—	—	1,093
150	—	—	1,099
160	—	—	1,105
170	—	—	1,111
180	—	—	1,117
190	—	—	1,123
200	—	—	1,129
210	—	—	1,135
220	—	—	1,141
230	—	—	1,146
240	—	—	1,152
250	—	—	1,158
260	—	—	1,163
270	—	—	1,169
280	—	—	1,175
290	—	—	1,180
300	—	—	1,185
310	—	—	1,191
320	—	—	1,196
330	—	—	1,201
336,8	—	—	1,2047

Gesetzt, die Soole ist in ihrem eigenthüml. Gewichte 1,175, so füllen 1175 Gr. derselben so viel Raum, als 1000 Gr. Wasser, und es sind in diesen 1175 Gr. 280 Gran Salz, oder das in ihr befindliche Salz beträgt $\frac{280}{1175}$ ihres Gewichtes. Nach der Regel de tri kann man nun leicht finden, wie viel Salz in einem Pfunde solcher Soole sey; denn wenn 1175 Gr. Soole 280 Gr. Salz enthalten, so sind in 1 Pf. oder 7680 Gr. Soole 1830 Gr. Salz.

3) Wenn Alcohol und Wasser mit einander vermischt werden, so ist das eigenthümliche Gewicht nach der Vermischung nicht so, als es der Berechnung zu Folge nach ihrem respectiven eigenthümlichen Gewichte seyn sollte. Um also aus dem eigenthümlichen Gewichte der Mischung das Verhältniß beyder Ingredienzien zu erfahren, sind vorhäufige Versuche und nähere Bestimmungen nöthig. Herr Gilpin in England hat dergleichen Versuche über die Aenderungen der Dichtigkeit des Alcohols und Wassers, wenn sie in verschiedenen Verhältnissen mit einander vermischt werden, in zahlreicher Menge, und zwar für verschiedene Grade von Wärme von 30 bis 80° F., angestellt, und Tabellen entworfen, nach welchen man aus dem eigenthümlichen Gewichte des Gemisches den Gehalt an Alcohol oder Wasser finden kann. Ich habe eine solche Tabelle desselben für die Temperatur von 60° F. mitgetheilt (Versuche über die Aenderung der Dichtigkeiten bey Vermischung von Alcohol und Wasser, von Herrn Gilpin; in Grens neuem Journ. der Phys. B. II. S. 365. ff.) Herr Gilpin nimmt darin das eigenthümliche Gewicht des Alcohols 0,825 an. Indessen hat Herr Lowitz gezeigt, daß Alcohol von diesem eigenthümlichen Gewichte selbst noch nicht wasserfrey sey, und daß er durch die stärkste Entwässerung bis 0,791 (bey 68° F.) herabgebracht werden könne. Er selbst hat darnach eine Tabelle der eigenthümlichen Gewichte für die Gemische von solchem Alcohol und Wasser aus Versuchen entworfen, die ich hier mittheile:

Eigenthüml. Gewicht	des Gemisches aus					
0,791	100	Th.	Alcohol	0	Th.	Wasser.
0,794	99	=	—	1	=	—
0,797	98	=	—	2	=	—
0,800	97	=	—	3	=	—
0,803	96	=	—	4	=	—
0,805	95	=	—	5	=	—
0,808	94	=	—	6	=	—
0,811	93	=	—	7	=	—
0,813	92	=	—	8	=	—
0,816	91	=	—	9	=	—
0,818	90	=	—	10	=	—
0,821	89	=	—	11	=	—
0,823	88	=	—	12	=	—
0,826	87	=	—	13	=	—
0,828	86	=	—	14	=	—
0,831	85	=	—	15	=	—
0,834	84	=	—	16	=	—
0,836	83	=	—	17	=	—
0,839	82	=	—	18	=	—
0,842	81	=	—	19	=	—

Eigen,

Eigenthüml. Gewicht	des Gemisches aus					
0,844	80	Th. Alcohol		20	Th. Wasser.	
0,847	79	"	—	21	"	—
0,849	78	"	—	22	"	—
0,851	77	"	—	23	"	—
0,853	76	"	—	24	"	—
0,856	75	"	—	25	"	—
0,859	74	"	—	26	"	—
0,861	73	"	—	27	"	—
0,863	72	"	—	28	"	—
0,866	71	"	—	29	"	—
0,868	70	"	—	30	"	—
0,870	69	"	—	31	"	—
0,872	68	"	—	32	"	—
0,875	67	"	—	33	"	—
0,877	66	"	—	34	"	—
0,880	65	"	—	35	"	—
0,882	64	"	—	36	"	—
0,885	63	"	—	37	"	—
0,887	62	"	—	38	"	—
0,889	61	"	—	39	"	—
0,892	60	"	—	40	"	—
0,894	59	"	—	41	"	—
0,896	58	"	—	42	"	—
0,899	57	"	—	43	"	—
0,901	56	"	—	44	"	—
0,903	55	"	—	45	"	—
0,905	54	"	—	46	"	—
0,907	53	"	—	47	"	—
0,909	52	"	—	48	"	—
0,912	51	"	—	49	"	—
0,914	50	"	—	50	"	—
0,917	49	"	—	51	"	—
0,919	48	"	—	52	"	—
0,921	47	"	—	53	"	—
0,923	46	"	—	54	"	—
0,925	45	"	—	55	"	—
0,927	44	"	—	56	"	—
0,930	43	"	—	57	"	—
0,932	42	"	—	58	"	—
0,934	41	"	—	59	"	—
0,936	40	"	—	60	"	—
0,938	39	"	—	61	"	—

Eigenthüml. Gewicht	des Gemisches aus				
0,940	38	Th.	Alcohol	62 Th.	Wasser.
0,942	37	⸗	—	63 ⸗	—
0,944	36	⸗	—	64 ⸗	—
0,946	35	⸗	—	65 ⸗	—
0,948	34	⸗	—	66 ⸗	—
0,950	33	⸗	—	67 ⸗	—
0,952	32	⸗	—	68 ⸗	—
0,954	31	⸗	—	69 ⸗	—
0,956	30	⸗	—	70 ⸗	—
0,957	29	⸗	—	71 ⸗	—
0,959	28	⸗	—	72 ⸗	—
0,961	27	⸗	—	73 ⸗	—
0,963	26	⸗	—	74 ⸗	—
0,965	25	⸗	—	75 ⸗	—
0,966	24	⸗	—	76 ⸗	—
0,968	23	⸗	—	77 ⸗	—
0,970	22	⸗	—	78 ⸗	—
0,971	21	⸗	—	79 ⸗	—
0,973	20	⸗	—	80 ⸗	—
0,974	19	⸗	—	81 ⸗	—
0,976	18	⸗	—	82 ⸗	—
0,977	17	⸗	—	83 ⸗	—
0,978	16	⸗	—	84 ⸗	—
0,980	15	⸗	—	85 ⸗	—
0,981	14	⸗	—	86 ⸗	—
0,983	13	⸗	—	87 ⸗	—
0,985	12	⸗	—	88 ⸗	—
0,986	11	⸗	—	89 ⸗	—
0,987	10	⸗	—	90 ⸗	—
0,988	9	⸗	—	91 ⸗	—
0,989	8	⸗	—	92 ⸗	—
0,991	7	⸗	—	93 ⸗	—
0,992	6	⸗	—	94 ⸗	—
0,994	5	⸗	—	95 ⸗	—
0,995	4	⸗	—	96 ⸗	—
0,997	3	⸗	—	97 ⸗	—
0,998	2	⸗	—	98 ⸗	—
0,999	1	⸗	—	99 ⸗	—
1,000	0	⸗	—	100 ⸗	—

Crells chem. Annalen, 1796. B. I. S. 202. ff.

Sechs⸗

Sechstes Hauptstück.

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten.

§. 370.

Wir betrachten hier die Phänomene, welche **schwere elastische Flüssigkeiten** (§. 135.) durch ihr Gewicht und durch ihre Elasticität hervorbringen. Wir kennen zweyerley Arten dieser Flüssigkeiten: **Gasarten** oder **Luftarten und Dämpfe** (§§. 135. 136.). Bey jenen ist die Elasticität dauernd, in jedem uns bekannten Grade der Zusammendrückung so wohl, als der Kälte; diese hingegen behalten ihre elastische Form nur bey einem gewissen Grade der Wärme unter einem bestimmten Drucke. So lange indessen die letztern im wirklichen expansibeln Zustande sind, befolgen sie auch mit den erstern dieselbigen allgemeinen Gesetze der schweren elastischen Flüssigkeiten. Da diese Gesetze unabhängig von der individuellen Natur der Basis der expansibeln Flüssigkeiten sind, so gehören die davon abhängenden Erscheinungen in die allgemeine Naturlehre. Der Kürze wegen bediene ich mich des Ausdrucks: **Luft**, zur Bezeichnung aller expansibeln Flüssigkeiten. An der **atmosphärischen Luft**, die wir allenthalben antreffen, können wir am besten die Phänomene, die allen expansibeln Flüssigkeiten gemeinsam sind, beobachten, und wir können uns daher ihrer am bequemsten zur Anstellung der hierher gehörigen Erfahrungen und

Versuche bedienen. Das, was wir von ihr als elastischer Flüssigkeit sagen, gilt von allen andern elastischen Flüssigkeiten, die auch eben so durch ihr Gewicht und ihre Expansibilität wirken würden, wenn sie an der Stelle der Luft die Atmosphäre um die Erde bildeten.

§. 371. Ein expansibeles Fluidum hat als solches ein Bestreben, einen größern Raum zu erfüllen (§. 131.), und üb: solcher Gestalt Druck gegen jedes Hinderniß seiner Expansion aus. Ferner widersteht es bey der Verengerung seines Raumes vermöge seiner Expansivkraft.

§. 372. Die Luft ist expansibel und dehnt sich, wenn kein Hinderniß ihrer Expansion da ist, zu einem Raume aus, dessen Grenzen man nicht kennt. So wie aber der Raum wächst, zu welchem eine Masse Luft sich ausdehnt, so nimmt auch ihre Expansivkraft ab, weil sie nun nicht mehr mit demselbigen Grade von Kraft ihren Raum erfüllt (§. 50.).

§. 373. Bey der Ausdehnung einer Masse Luft in einen größern Raum nimmt ihre Dichtigkeit ab; und die Dichtigkeit, die sie übrig behält, verhält sich zur vorigen Dichtigkeit, wie der Raum, den sie vorher einnahm, zu dem Raume, in welchen sie sich ausgedehnt hat.

§. 374. Die Luft ist compressibel. Ueber die Kraft, mit welcher die Luft sich auszudehnen strebt, ist eine größere möglich, und durch diese läßt sich die Luft auch wirklich in einen engern Raum pressen. Je

mehr die Luft aber zusammengepreßt wird, um desto mehr wächst ihre Dichtigkeit und der Grad der Kraft, womit sie ihren Raum erfüllt; folglich desto mehr widersteht sie der sie zusammendrückenden Kraft. Der Grad der Zusammendrückung hat folglich für unsere endlichen Kräfte seine Grenzen.

§. 375. Wenn eine Masse Luft im Gleichgewichte ihrer Theile ist, so ist die Expansivkraft jedes Punctes derselben dem Drucke derselben auf diesen Punct gleich.

§. 376. Ein elastisches Fluidum wirkt auf das Hinderniß seiner Expansion mit derselbigen Kraft, mit der es zusammengedrückt worden ist. Die Luft in einem Gefäße übt also gegen die Wände desselben eben denselbigen Druck aus, als die Kraft ausüben würde, mit der sie bis zu ihrem dermaligen Grade der Dichtigkeit zusammengepreßt worden ist.

§. 377. Die Luft ist eine schwere expansibele Flüssigkeit, und muß also durch ihr Gewicht Druck ausüben. Höher liegende Luftschichten müssen also auf die darunter liegenden durch ihr Gewicht pressen.

§. 378. Wenn demnach die ganze Masse Luft sich selbst überlassen im Gleichgewichte ist, so kann ihre Dichtigkeit nicht durchaus gleichförmig seyn; die untern Schichten müssen, wegen der Compressibilität der Luft (§. 374.) und des Gewichts der darüber liegenden Schichten, in einen engern Raum gepreßt, folglich dichter seyn; es muß also die Dichtigkeit der Schichten hinabwärts wachsen. Mit der Zunahme

der Dichtigkeit der tiefer liegenden Luftschichten muß aber auch die Expansivkraft derselben zunehmen, und die absolute Elasticität jedes Theiles derselben muß dem Gewichte der ganzen darüber stehenden Säule proportional seyn (§. 376.).

§. 379. Die Erfahrung bestätigt dies an der atmosphärischen Luft. Wenn man eine gläserne recht trockene Röhre, die an einem Ende geschlossen und länger ist, als 28 paris. Zoll, mit reinem gekochten Quecksilber ganz anfüllt, das offene Ende mit dem Finger zuhält, hierauf umkehrt, und, nachdem man es in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht hat, die Röhre vertical hält und den Finger von der Oeffnung wegzieht; so bleibt das Quecksilber darin etwa 28 paris. Zoll über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße zurück, durch den Druck der Luft, der auf die Fläche des Quecksilbers im Gefäße einseitig ist. **Evangelista Torricelli** stellte diesen an Folgerungen so fruchtbar gewesenen Versuch zuerst im J. 1643 an, und bewies dadurch die Schwere der Luft. Die Röhre mit dem Quecksilber darin heißt daher auch die **torricellische Röhre** (Tubus torricellianus), und der Raum über dem Quecksilber in der Röhre die **torricellische Leere** (Vacuum torricellianum).

Casp. Schotti Technica curiosa. Herbipol. 1664. 4. I. III. S. 192. ff.

Daß aber der Druck der Luft von dem angeführten Phänomene die Ursach sey, das folgt nicht nur unmittelbarer Weise aus ihm selbst, sondern wird auch dadurch bestätigt: 1) daß durch Wegnahme der Luft über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße unter der Luftpumpe, nach einem in der Folge anzustellenden Versuche, das Quecksilber in der torricellischen Röhre herabsinkt; 2) daß das Quecksilber ganz herausfällt, so bald die Röhre oben geöffnet wird, und

also

also der Druck der Luft nicht mehr einseitig ist; 3) daß das Quecksilber nach hydrostatischen Gesetzen in der Röhre um eben so viel höher steigt, als das Niveau des Quecksilbers außerhalb höher wird; 4) daß, wenn die Röhre enge genug ist, beym senkrechten Herausziehen derselben aus dem Gefäße das Quecksilber in derselben in die Höhe getrieben wird und oben hängen bleibt.

§. 380. Da der Druck der Luft so groß seyn muß, als der Gegendruck des Quecksilbers in der torricellischen Röhre, so können wir hieraus mit Recht schließen, daß der Druck der Atmosphäre gegen jede gegebene Fläche so groß sey, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von eben dieser Grundfläche und der Höhe in der torricellischen Röhre.

Ein paris. Cubikfuß Quecksilber wiegt nahe 950 Pfund paris.; ein Cubikzoll, Duodecimalmaaß, 17 Loth, $2\frac{4}{5}$ Quentchen. Wenn also der Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder $2\frac{1}{3}$ Fuß, so beträgt er gegen eine Fläche von einem Quadratfuße $2216\frac{3}{4}$ Pfund, und von einem Quadratzolle 15 Pfund, $12\frac{3}{4}\frac{5}{32}$ Loth paris.

Um jede Linie, um welche das Quecksilber höher oder niedriger, als 28 Zoll ist, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuße $6\frac{4}{7}\frac{1}{2}$ Pfund mehr oder weniger.

§. 381. So lange die Luft nicht in Gefäßen eingeschlossen ist, sondern frey bleibt und auf ihre ganze Masse Rücksicht genommen wird, so muß sie nur durch ihr Gewicht wirken und daher dieselbigen Gesetze des Gleichgewichts befolgen, als nicht-elastische Flüssigkeiten.

§. 382. Es müssen daher auch die Luftsäulen unter einander bey gleichen Höhen und Dichtigkeiten im Gleichgewichte stehen; jede Luftsäule muß auch fähig seyn, statt ihrer benachbarten einen Körper von gleichem Gewichte zu tragen, und ihr Druck muß sich

zu Folge der hydrostatischen Gesetze nach allen Richtungen zu äußern.

Wenn der Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll, so muß er auch das Gleichgewicht halten mit einer Wassersäule von 14 . 28 Zoll, oder von 32⅔ Fuß (paris.), wenn das Wasser ein 14mal geringeres eigenthümliches Gewicht hat.

§. 383. Hieraus erklärt sich auch die Erscheinung, daß aus einem Gefäße mit enger Oeffnung beym Umkehren nichts herausläuft, und daß der Hahn eines vollen Fasses, dessen Spundloch geschlossen ist, nichts bey der Oeffnung herausläßt, u. dergl. m.

§. 384. Es folgt ferner aus der Schwere der Luft nach hydrostatischen Gesetzen, daß der Druck der Luftsäulen abnehmen müsse, wenn ihre Höhe, bey übrigens gleichen Umständen, abnimmt, und umgekehrt; daß folglich das Quecksilber in der torricellischen Röhre in hohen Regionen der Atmosphäre nicht so hoch stehen könne, als in niedrigern, wie auch die Erfahrung lehrt.

§. 385. Ferner muß die Luft im Freyen nach Verhältniß ihrer Dichtigkeit drücken; und eben hieraus ist es abzuleiten, daß das Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre, wenn es nach höhern Regionen der Luft gebracht wird, nicht den Höhen proportional, sondern immer verhältnißmäßig kleiner ist. In höhern Gegenden ist nämlich die Luft dünner, in niedrigern dichter (§. 378.).

de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, Th. II. S. 270. ff.

§. 386. Der Druck der Luft kann keine Bewegung hervorbringen, so lange er von allen Seiten gleich

gleich bleibt; er äußert sich aber sogleich, so bald er einseitig wird, oder auch auf der innern und äußern Fläche eines Körpers ungleich Statt findet.

Hierher gehören die nachher bey der Luftpumpe anzustellenden Versuche: 1) mit den magdeburgischen Halbkugeln; 2) das Zerbrechen einer Glasscheibe, die auf einen metallenen Cylinder gekuttet ist, aus welchem man die Luft auszieht; 3) das Zerreißen einer über eben denselben, gespannten Blase.

§. 387. Wenn also die Luft nur von Einer Seite her auf einen Körper drückt, und dieser beweglich ist, so kann er dadurch in Bewegung gesetzt werden.

Hierher gehört:

1) Roberval's Versuch, oder Pascals Kammer.

Tentamina experimentor. natur. capt. in academia del Cimento. S. 29. ff.

2) Otto von Guerike's Windbüchse mit verdünnter Luft.

C. *Schotti* technica curiosa. L. XI. S. 881. *Otton. de Guerike* experimenta de vacuo spatio. S. 112.

§. 388. Endlich folgt auch aus §. 386., daß, wenn die Luft auf einerley tropfbar-flüssige Materie ungleich drückt, diese letztere nach der Gegend hin, wo sie weniger Druck von der Luft erleidet, bewegt werden müsse. Hierauf gründet sich die Wirkung des **Hebers** (Sypho).

§. 389. Der **gemeine Heber** besteht aus einer gekrümmten Röhre abc (Fig. 130.), wovon der eine Schenkel bc länger ist, als der andere ab. Der Heber sey mit einem liquidum gefüllt, und sein offner Schenkel ab in ein offenes Gefäß AB, das auch dieses liquidum enthält, bis g eingetaucht. Es ist aus dem

dem Vorhergehenden (§. 313.) klar, daß die Flüssigkeit in ag durch den Druck der diesen Schenkel umgebenden gleichartigen Flüssigkeit erhalten werde. Der Druck der Luft findet auf die Fläche fh der Flüssigkeit im Gefäße Statt: er findet aber auch Statt gegen die Fläche der Flüssigkeit an der Mündung c des längern Schenkels des Hebers. Jenem Drucke der Luft auf die Fläche fgh drückt die Flüssigkeit in dem Schenkel ba entgegen, aber nur der Theil bg; dem Drucke der Luft gegen c drückt die Flüssigkeit in dem Schenkel bc entgegen. Da dieser letztere Gegendruck wegen der längern Säule der Flüssigkeit bc größer ist, als der Gegendruck von bg, so erfolgt die Bewegung des Liquidums nach der Richtung der größern Kraft: es fließt aus dem längern Schenkel in c aus, und steigt in a in dem kürzern empor; oder es ist eben so gut, als ob die Luft auf fgh stärker drückte, als gegen die Mündung c. Zwar ist die Luftsäule, die gegen c drückt, um dc länger, aber das Liquidum innerhalb dc ist auch um vieles dichter, als die Luft, und daher sein absolutes Gewicht um vieles größer, als das absolute Gewicht der Luftsäule von gleichem Durchmesser und der Höhe cd.

§. 390. Wenn der Schenkel ba des Hebers (Fig. 130.) mit einer specifisch schwerern Flüssigkeit L, der Schenkel bc hingegen mit einer specifisch leichtern Flüssigkeit l gefüllt, und das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts von L zu dem von l größer ist, als das Verhältniß der senkrechten Höhe von c bis b zu der von a bis b; so wird,

wenn

wenn die Mündungen a und c geöffnet werden, nach hydrostatischen Gesetzen, der Ausfluß aus a, und nicht aus c, Statt finden. Wenn ferner das Gefäß AB mit einer specifisch schwerern Flüssigkeit, der Heber selbst aber mit einer specifisch leichtern angefüllt ist, so kann es aus den angeführten Gründen kommen, daß der Heber in c zu fließen aufhört, nämlich dann, wenn die in dem ~~längern~~ kürzere Schenkel bg gestiegenen und darin noch befindlichen Flüssigkeiten zusammen eben so stark in der senkrechten Richtung drücken, als die leichtere in dem längern Schenkel bc thut.

§. 391. Wenn der kürzere Schenkel bg des Hebers (Fig. 130.) länger ist, als die Höhe, bey welcher das liquidum, das durch den Heber fließen soll, in der torricellischen Röhre durch den Druck der Luft erhalten werden könnte, so kann der Heber nicht wirken.

§. 392. Es kann kein Ausfluß aus dem äußern Schenkel des Hebers geschehen, wenn dieser äußere Schenkel kürzer ist, als der innere bg (Fig. 130.); dann geschieht vielmehr der Ausfluß aus a. Dies ist auch der Fall, wenn der längere Schenkel bc in einer Flüssigkeit derselbigen Art steht, als ba, aber tiefer, z. B. bis k.

§. 393. Wenn beyde Schenkel ba und bc des Hebers (Fig. 131.) gleich lang sind, so kann aus dem mit einerley Flüssigkeit gefüllten und senkrecht gehaltenen Heber nichts ausfließen, indem der Gegendruck der Luft gegen a und c gleich groß ist. Taucht

man

man aber den einen Schenkel, z. B. ah, in eine Flüssigkeit dieser Art, z. B. bis fgh, so fließt der Heber bey c, und zwar desto stärker, je tiefer der Schenkel ab eingetaucht wird. Jetzt ist nämlich die Flüssigkeit, die in dem Schenkel ab gegen die Luft drückt, nur in der senkrechten Höhe bg zu nehmen. Ein Heber dieser Art heißt ein **wirtembergischer Heber.**

§. 394. Außer dem Gebrauche, zu welchem die Heber im gemeinen Leben nutzen, dienen sie auch zur Erklärung mancher Phänomene der Natur und Kunst. Dahin gehört:

1) Die Wirkung einiger natürlichen Brunnen, die sich von Wasser ausleeren, wenn es darin bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 2100. Journal des Sçav A. 1688. S. 455. *Plinius* hist. nat. L. II. C. 103. *Oliver*, in *philos. transact.* No. 204. Vol. XVII. S. 908. *Atwell*, ebend. No. 424 Vol. XXXVII. S. 301.

2) Die Einrichtung des **künstlichen Tantalus**, des **Vexirbechers** oder **Diabetes** der Alten.

Muschenbroek a. a. O. §. 2100.

Heronis, Alexandrini, spiritalium liber. Amstelod. 1716. 4. Prop. 12.

3) Die Wirkung des **Kircherschen Hebers.**

Wolfs nützl. Versuche. Th. III. S. 576. §. 126.

4) Die Wirkung der so genannten **Fraterna Caritas**, eines drey- und mehrschenkligen wirtembergischen Hebers.

5) **Kirchers Brunnen.**

Karstens Anfangsgr. der Naturl. §. 282.

§. 395. Die Erfahrung lehrt, daß an einem und demselbigen Orte die Höhe des Quecksilbers in der torricellischen Röhre (§. 379.) nicht dieselbige bleibt, sondern zu verschiedenen Zeiten bis auf eine gewisse Grenze größer oder kleiner ist. Es folgt hieraus, daß in der Atmosphäre Ursachen wirksam seyn müssen, die den Druck der Luft auf die Quecksilbersäule veränderlich machen. Weil also die torricellische Röhre den Druck der Luft durch die damit correspondirende Quecksilbersäule anzeigt, so hat man ihr den Namen des **Barometers** oder **Baroskops** gegeben; und weil mit der Veränderung des Drucks der Luft gewöhnlich eine Aenderung der Witterung verknüpft ist, so nannte man es auch ein **Wetterglas**.

§. 396. Man hat dem Barometer mancherley Einrichtungen zu geben gesucht, theils um es zu verschiedenen Anwendungen bequemer, theils die Veränderungen auffallender zu machen und genauer zu messen. So wie die Einrichtung §. 379. angegeben ist, und wie sie zuerst bey der Erfindung war, erfordert das Instrument viel Quecksilber und ist nicht bequem zu transportiren. Man krümmte zu dem Ende die Röhre wieder nach aufwärts, und maaß die Höhe der Quecksilbersäule von der horizontalen Oberfläche des Quecksilbers in dem kürzern Schenkel. Da aber das Quecksilber, wenn es in der längern Röhre durch den verminderten Druck der Atmosphäre, z. B. um einen Zoll, sinken sollte, in diesem kürzern Schenkel steigt, und nun hier wieder um so viel durch seine

eigene

eigene Schwere zurückwirkt, folglich macht, daß das in der längern Röhre enthaltene nur um einen halben Zoll sinken kann; so gab man diese Einrichtung bald wieder auf, die man doch nachher für die vollkommenste gefunden hat. Man gab also diesem kürzern Schenkel ein weites kugelförmiges Behältniß, damit das in der längern Röhre herabfallende Quecksilber sich in einen desto weitern Raum ausbreiten und hier in der Kugel die Höhe desselben nur unmerklich vermehren, auf das Fallen oder Steigen in der engern Röhre aber keinen merklichen Einfluß haben möchte, da Flüssigkeiten von einerley Art auch in Röhren von ungleicher Weite gleich hoch stehen (§. 314.). Je weiter die Kugel des kürzern Schenkels in Vergleichung der torricellischen Röhre ist, um desto weniger wird das Niveau der Quecksilberfläche in dieser Kugel durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre erniedrigt oder erhöhet.

§. 397. Zu ganz genauen Beobachtungen aber, und zu solchen Versuchen, wo das Fallen des Quecksilbers sehr beträchtlich ist, kann dieses Barometer aus den angeführten Gründen nicht sicher angewendet werden, wenn man die Scale nicht beweglich macht. Herr de **Luc** ging daher zu der erstern einfachen Einrichtung dieses Instruments wieder zurück, und zeigte, daß das Barometer mit dem nach oben zu gekrümmten, gleich weiten Schenkel, oder das so genannte heberförmige oder **Heberbarometer**, alle Vorzüge besäße, und durch die gehörige Einrichtung desselben der vorhin genannte Fehler, daß es die Höhe des

Queck-

Quecksilbers beym Fallen zu groß und beym Steigen zu klein angiebt, völlig gehoben werden könnte. Wenn man nämlich von dem, um welches das Quecksilber in der längern Röhre gefallen ist, das abzieht, um welches es in dem kürzern Schenkel stieg, oder zu dem, um welches es in dem längern Schenkel stieg, das, um welches es in dem kürzern fiel, addirt; so hat man jedesmal die wahre Höhe des Fallens und Steigens. Nur die Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre, die über dem **Niveau** des Quecksilbers im kürzern steht, ist es, die dem Drucke der Luft correspondirt. Durch ihre Messung findet man daher auch immer die Höhe einer Quecksilbersäule, die mit dem Drucke der Luft im Gleichgewichte ist.

de Luc über die Atmosphäre, §. 381. ff.

§. 398. Zu der genauen Einrichtung des Barometers gehört: 1) daß es bloß und allein durch Veränderungen im Drucke der Luft afficirt werde und diese Veränderung auch wahrhaft anzeige. Dazu ist nöthig, daß die torricellische Leere vollkommen von Luft rein sey; denn wenn sie Luft enthält, so wird die Quecksilbersäule kürzer seyn, als sie sollte, und die Wärme wird darauf Einfluß haben. Durch Erhitzung der torricellischen Leere muß also das Quecksilber in der Röhre nicht herabgedrückt werden oder sinken. Um diese torricellische Röhre rein zu erhalten, ist es nöthig, bey Verfertigung des Barometers das Quecksilber in der Röhre stark auszukochen.

Aus der allgemeinen Wirkung der Wärme auf alle Körper wird man leicht einsehen, daß die Barometerhöhe bey größerer Wärme größer, und bey geringerer Wärme kleiner seyn müsse, wenn auch der Druck der Luft derselbige bleibt. Herr de Luc fand bey genauer Untersuchung, daß eine

eine 27 Zoll lange Quecksilbersäule vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte des Wassers um 6 Linien oder $\frac{1}{54}$ ihrer Länge zunehme. Nimmt man diese Bestimmung für die richtige, so muß die Quecksilbersäule im Barometer, das beym natürlichen Frostpuncte auf 27 Zoll stand, bey unverändertem Drucke der Atmosphäre z. B. um eine Linie steigen, folglich 325 Linien hoch stehen, wenn die Temperatur um den sechsten Theil des Fundamentalabstandes vom Thermometer zunimmt und 62° Fahr. oder $13\frac{1}{3}$° Reaum. wird. Die Aenderung der Wärme um 30° Fahr. bringt also das Barometer jedesmal um eine Linie höher, und jede Aenderung um 1° um $\frac{1}{30}$ einer Linie. Herr de Luc hat zu dem Ende um mehrerer Bequemlichkeit willen den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpuncte bis zum Siedepuncte am Thermometer in 96 gleiche Theile getheilt, und so kommt auf jeden 16ten Grad Zunahme der Wärme dieses Thermometers eine Linie Zunahme der Höhe des Barometers, und auf jede Aenderung der Wärme um einen Grad, $\frac{1}{16}$ Linie Aenderung des Barometerstandes.

de Luc Unters über die Atmosph. §. 352 — 365.

Ohne durch neue Scalen die Thermometersprache unnöthiger Weise noch mehr zu erweitern, findet man die Berichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme, wenn der am Thermometer beobachtete Grad k, der, auf welchen man die Beobachtung reduciren will, i, und die Zahl der Grade des Fundamentalabstandes vom Eispuncte bis zum Siedepuncte f heißt, wenn man zur beobachteten Barometerhöhe B noch $\frac{i - k}{54\ f}$ B hinzusetzt, oder, wenn i — k negativ ist, $\frac{k - i}{54\ f}$ B davon abzieht. (S. Gehlers physical. Wörterb. Art. Barometer.)

Noch ist hier zu erinnern, daß der Fundamentalabstand an der Fahrenheitischen Scale vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte bey der Bestimmung des Hrn. de Luc von 27 Z. Barometerhöhe eigentlich nur gleich 178 Gr. gesetzt werden kann, nicht 180 Gr.

van Swinden posit. phys. II. S. 107. f.

Nach Roy (*Philos. transact.* Vol. LXVII. S. 635. ff.) beträgt die verlängerte Ausdehnung einer 27 Zoll langen Quecksilbersäule durch die Wärme vom natürlichen Frostpuncte bis zum Siedepuncte 0,5117 engl. Zoll, oder 5,7617 paris. Linien; auch ist die Zunahme durch gleiche Anzahl von Graden in den verschiedenen Temperaturen nicht gleich groß; nach Rosenthal (Beyträge zur Verfertigung, Kenntniß und Gebrauch meteorologischer Werkzeuge. Gotha. B. I. 1782., B. II. 1784. 8.) ist die Ausdehnung der Quecksilbersäule 5,56 paris. Lin., und nach Luz (Beschreib. von Barometern, s. unten §. 492. Anm.) 5,64 parisische Linien.

Sinnreiche Vorschläge zur Berichtigung des Barometerstandes wegen des Einflusses der Wärme, ohne Thermometer.

ter, haben La Grange (*Miscellanea Taurinensia*, 1759. T. I. S. 15. ff.), Lamonon (*Journal de Physique* T. XIX. S. 7. ff.), und Rosenthal (Anleitung, das de Lucische Barometer zu einem höhern Grade der Vollkommenheit zu bringen, Gotha 1779. 8.), gethan. Es gehört hierzu ein heberförmiges Barometer, dessen Schenkel ganz genau gleich weit sind.

van Swinden posit. phys. T. II. S. 104. f.

§. 399. 2) Ein zweyter Umstand beym Barometer ist die Scale. Zu dem Ende wird die mit Quecksilber gefüllte, gehörig ausgekochte, und gleich weite Röhre auf ein Bret unbeweglich befestigt, und darauf die Scale nach einem sehr genauen Fußmaaße in Zollen und Linien aufgetragen. Bey uns ist es gewöhnlich, sich dazu des Pariser Fußmaaßes zu bedienen. Beym heberförmigen Barometer zieht man gemeiniglich in der Mitte der Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre einen horizontalen Strich, trägt die Abtheilungen in Zollen, Linien und Zehntheilchen der Linien oberhalb und unterhalb derselben auf, und um die jedesmalige wahre Höhe der Quecksilbersäule, die durch den Druck der Luft erhalten wird, zu finden, addirt man den Stand des Quecksilbers oberhalb jener Mittellinie und unterhalb derselben bis zum Niveau des Quecksilbers im kürzern Schenkel zu einander. Wenn man das Barometer bloß zur Beobachtung der Veränderungen des Drucks der Luft für einerley Ort braucht, so ist es hinreichend, die Unterabtheilungen der Zolle in Linien und Zehntheilchen der Linien, nur einige Zolle oberhalb und unterhalb des Standes des Quecksilbers in beyden Schenkeln anzubringen. Zu den Beobach-

tungen kleinerer Theile des Maaßstabes dient ein Nonius oder Vernier.

Da man sich auch des engl., rheinl. und schwedischen Maaßes zu den Beobachtungen hier und da bedient, so theile ich hier nach van Swinden (posit. phys. T. II. S. 107.) die Vergleichung derselben mit:

engl.	rheinl.		paris.		schwed.
31 Z.	30 Z.	1,13 L.	29 Z.	1,05 L.	26,52 Dec. Z.
30 =	29 =	1,48 =	28 =	1,79 =	25,66 =
29 =	28 =	1,83 =	27 =	2,53 =	24,81 =
28 =	27 =	2,18 =	26 =	3,27 =	23,95 =

§. 400. 3) Bey der Beobachtung des Standes des Quecksilbers im Barometer und der Messung der Länge der Quecksilbersäule ist es nöthig: daß die Röhre des Barometers vollkommen vertical hänge; daß bey der Beobachtung das Auge in einerley horizontaler Ebene mit der Fläche des Quecksilbers gehalten werde; und daß man den Stand des Quecksilbers bey dem höchsten Puncte seiner Convexität ermesse. 4) Sonst gehört es noch zur Verfertigung genauer und vergleichender Barometer, als wesentlich: daß das Quecksilber von der größesten Reinigkeit sey, und daher einerley eigenthümliches Gewicht in den verschiedenen Barometern habe, welches allerdings ein Hauptumstand ist; daß die Röhre allenthalben gleich weit und ohne Rauhigkeit sey; daß bey dem heberförmigen Barometer der kürzere Schenkel genau parallel mit dem längern und mit ihm von gleich weitem Durchmesser; und endlich, daß die Röhre von gehörigem Durchmesser sey.

van Swinden posit. phys. T. II. S. 94 — 112.

§. 401. Um kleine Veränderungen des Drucks der Luft am Barometer recht bemerkbar zu machen, hat

hat man allerley Complicationen und Künsteleyen daran ausgedacht. Dahin gehören:

1) Das Huygensche Doppelbarometer.

Journ. des Sçav. 1672. Dec. S. 139. Oper. phys. T. I. S. 276. *Muschenbroek* introd. §. 2080.

2) Das Hooksche oder de la Hire'sche Doppelbarometer.

Hook, in den *philos. transact.* No. 185. Vol. XVI. S. 241. *De la Hire*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1708. S. 157. ff. *Muschenbroek* introd. §. 2081.

3) Hooks Radbarometer.

Hook micrographia. London 1665. Fol. T. XXXVII. Fig. 4. *Muschenbroek* §. 2089.

4) Morlands schief liegendes Barometer.

Muschenbroek introd. §. 2078.

5) Bernoulli's rechtwinkliges Barometer.

Muschenbroek §. 2083.

Alle diese Abänderungen des Barometers selbst aber leisten zu genauen Beobachtungen des Drucks der Luft die gehofften Vortheile nicht, bringen Vermehrung der Friction zuwege, und der Einfluß der Wärme und Kälte darauf läßt sich nicht leicht und genau berechnen.

de Luc Unters. über die Atmosph. Th. I.

Von Reisebarometern sehe man: de Luc a. a. O. Th. II. §. 459. ff. J. G. v. Magellans Beschreibung neuer Barometer, a. d. Franz. Leipz. 1782. 8. Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Phys. B. I. St. 3. S. 98. Déscription d'un barométre portatif par Mr. *J. G Sulzer*, in den *act. helvet.* T. III. S. 259. ff. Beschreibung eines neuen Reisebarometers, von Hrn. Hurter, in Lichtenb. Magaz. B. V. St. 4. S. 84. ff.

§. 402. Wenn eine Portion Luft von der übrigen freyen Luft abgeschnitten, z. B. in ein Gefäß eingeschlossen wird, so muß dieser eingeschlossene Theil, weil

weil er vorher mit der umgebenden Luft im Gleichgewichte, und durch ihren Gegendruck bis auf einen gewissen Grad zusammengedrückt war, eine Elasticität oder eine Expansivkraft besitzen, die jenem Drucke der Luft im Freyen proportional ist (§. 376.).

§. 403. Der Druck, den ein eingeschlossenes elastisches Fluidum durch seine Expansivkraft ausübt, oder seine **absolute Elasticität**, läßt sich durch die Höhe der Quecksilbersäule messen, die es in einer in diesem eingeschlossenen Raume befindlichen torricellischen Röhre zu erhalten fähig ist.

§. 404. Es muß demnach auch die in einem Gefäße eingeschlossene Luft, die mit der äußern nicht in Gemeinschaft ist, (bey derselbigen Wärme,) das Quecksilber in der torricellischen Röhre eben so hoch erhalten, als sie es zur Zeit der Einschließung im Freyen erhielt. So wird dann das Barometer zu einem **Elaterometer** der Luft. Jeder eingeschlossene Theil der atmosphärischen Luft wirkt das durch seine Elasticität, was das Gewicht der Luft im Freyen bewirkt, eben weil diese Elasticität dem vorigen Drucke der Luft durch das Gewicht proportional ist (§. 378.).

§. 405. Es sey in eine Glaskugel b (Fig. 132.), von welcher unten die wieder nach oben zu gekrümmte Röhre fga ausläuft, ein elastisches Fluidum durch Quecksilber gesperrt, und das Quecksilber reiche in der oben bey a offenen Röhre bis g. Es ist klar, daß die in der Kugel b eingeschlossene elastische Flüssigkeit nicht nur, wegen der bey a offenen Röhre,

den Druck der atmosphärischen Luft, sondern auch noch den Druck der Quecksilbersäule gf zu tragen habe, und damit im Gleichgewichte sey, und daß folglich ihre absolute Elasticität durch die dermalige Höhe der Quecksilbersäule eines daneben hängenden Barometers, addirt zu der Höhe der Quecksilbersäule gf, gemessen werde.

§. 406. Nun läßt sich auch leicht erklären, warum durch die Elasticität der eingeschlossenen Luft dieselbigen Erscheinungen des Druckes und dieselbigen Wirkungen hervorgebracht werden können, als durch den Druck vermittelst ihres Gewichts im Freyen (§. 379 — 394.).

§. 407. Die in einem Gefäße eingeschlossene Luft drückt durch ihre Elasticität gegen die Wände des Gefäßes von innen so stark, als die Luft von außen gegen dieselbige durch ihr Gewicht drückt (§. 376.), so lange sie im Innern des Gefäßes von der gleichen Beschaffenheit bleibt, als die äußere. Wird aber der Druck der äußern Luft größer oder kleiner, so kann kein Gleichgewicht mehr mit dem Drucke der innern Luft Statt finden.

Hierher gehört das Anschwellen einer mit wenig Luft gefüllten Blase unter der Glocke der Luftpumpe; das Springen des Wassers aus dem Heronsballe daselbst.

§. 408. Wenn auf eine tropfbare Flüssigkeit die Luft an zwey Stellen drückt, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern aber, in einem Gefäße eingeschlossen, durch ihre Elasticität, und es wird nun in diesem Gefäße die Luft verdünnt: so wird das Gleich-

Gleichgewicht gehoben; die tropfbare Flüssigkeit wird durch den Druck der äußern Luft in das Gefäß getrieben und steigt so hoch, bis der senkrechte Druck der aufgestiegenen Säule und die Elasticität der darüber stehenden Luft das Gleichgewicht mit dem Drucke der äußern Luft halten.

Es werde eine Flasche von elastischem Harze, die zusammengedrückt ist, mit ihrer offenen Mündung in Wasser gehalten. So wie sie sich wieder ausdehnt, wird die Luft darin verdünnt, und das Wasser steigt darin empor.

§. 409. Hierauf gründet sich auch die Wirkung der Saugpumpen (Antliae aspirantes, suctoriae), in welchen durch den einseitigen Druck der Luft auf die Fläche des Liquidums dieses in den Stiefel der Pumpe emporgehoben wird. Die größeste Höhe, zu welcher das Liquidum darin durch den ganzen Druck der Luft erhoben werden kann, ist die, in welcher eben dieses Liquidum in einer torricellischen Röhre stehen würde. Daraus folgt denn, daß eine und dieselbige Flüssigkeit an höhern Orten durch die Saugpumpe nicht so hoch erhoben werden könne, als in niedrigern (§. 384.), und daß bey unverändertem Drucke der Luft die specifisch schwerere Flüssigkeit darin nicht so hoch getrieben werde, als die specifisch leichtere, sondern daß die Höhen, zu welchen Flüssigkeiten ungleicher Art durch gleichen Druck der Luft darin empor gehoben werden können, sich umgekehrt verhalten wie ihre eigenthümlichen Gewichte (§. 329.)

Hierher gehört auch eine schon von Muschenbroek vorgeschlagene Methode, die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten aus den Höhen zu bestimmen, zu welchen sie durch einerley Druck der Luft erhoben werden. Das von ihm beschrie-

schriebene Werkzeug kommt mit dem überein, welches späterhin Scanegatty, unter dem Namen *Hygroclimax*, und dann auch Achard für neu ausgeben.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. T. II. §. 1395. T. XXIX. Fig. 14. T. XXXII. Fig. 11. *Scanegatty* im *Journ. de phys.* T. XVII. S. 82. Achards Vorlesungen über die Experimentalphysik. Th. I. S. 164.

§. 410. Ferner gründet sich auf dieses gehobene Gleichgewicht und den daher entstehenden einseitigen Druck der Luft (§. 407. 408.) die Wirkung des **Saugens** der Kinder, beym Tobakrauchen, u. s. w.; der Mechanismus beym **Trinken**, beym **Athmen**; die Wirkung der **Schröpfköpfe** (Cucurbitulae scarificatoriae); das Füllen der **Blasebälge** mit Luft; die Wirkung des **Stechhebers** (Antlia oinopolarum); **Sturms intermittirender Brunnen.**

Muschenbroek a. a. O. §. 2114.

§. 411. Wenn die Luft in einem Gefäße zusammengedrückt oder auch mehr Luft in das Gefäß gezwängt wird, so wächst ihre Dichtigkeit, und zwar im umgekehrten Verhältnisse ihres Raumes (§. 52.); es wächst aber auch ihre Elasticität (§. 374.), und der Druck, den sie im mehr verdichteten Zustande durch ihre Expansivkraft ausübt, ist eben so groß, als den sie bey derselbigen Dichtigkeit im Freyen ausüben würde (§. 404.).

§. 412. Der Druck der in einem Gefäße eingeschlossenen und comprimirten Luft gegen die Wände des Gefäßes, und überhaupt gegen das Hinderniß ihrer Expansion, verhält sich demnach (bey gleicher Wärme) zum Drucke der äußern Luft, wie die Dichtigkeit von jener

jener zur Dichtigkeit von dieser, oder wie die Anzahl der Verdichtungen zur Einheit. Wenn also die Luft in einem Gefäße doppelt so dicht ist, als die äußere, (bey übrigens gleicher Wärme,) so ist es eben so gut, als ob die Luft im Gefäße die Dichtigkeit der äußern Luft hätte, auswendig aber alle Luft weggenommen wäre.

van Swinden positiones phys. T. II. §. 254. ff.

§. 413. Zur bequemen Zusammenpressung der Luft dient die **Druckpumpe** oder **Compressionspumpe**. Die **Winklersche Druckpumpe** vereinigt Einfachheit mit Bequemlichkeit, und ich bediene mich ihrer mit einigen Abänderungen.

Winklers Anfangsgr. der Phys. Leipz. 1754. 8. S. 130. ff. Eine ähnliche Maschine beschreibt Wolf (Nützl. Vers. Th. III. S. 4. ff.

§. 414. Auf den vermehrten Druck der eingeschlossenen comprimirten Luft gründet sich die Wirkung und Einrichtung

1) des **Heronsballes** (Pila *Heronis*) und des *Fonticulus compressionis*.

Muschenbroek a. a. O. §. 2110.

2) Des **Heronsbrunnens** (Fonticulus *Heronis*).

Muschenbroek a. a. O. §. 2110.

3) Der **Windbüchse** (Sclopeta pneumatica).

Muschenbroek a. a. O. §§. 2111. 2112.

4) Der **magischen Tonne**.

Karstens Anfangsgr. der Naturwissensch. §. 288.

§. 415. Die Erfahrung lehrt, daß die Räume, zu welchen einerley Masse von Luft bey sich gleich blei-

bleibender Temperatur durchs Zusammenpressen gebracht werden kann, sich umgekehrt verhalten, wie die drückenden Kräfte oder Gewichte; und zwar ergeben die Versuche dieses Gesetz, welches das **Boyle'sche** oder **Mariottische Gesetz** heißt, so wohl bey der verdichteten als bey der verdünnten atmosphärischen Luft.

Rob. Boyle defence against the objections of *Linus*. Lond. 1662. 4. (cap. V.).

Mariotte essay de logique. à Paris 1678. S. 678.

§. 416. Um dieses Gesetz für dünnere Luft, als die gewöhnliche atmosphärische ist, zu bestätigen, läßt sich die Erfahrung auf folgende Art anstellen. Es sey AB (Fig. 133.) eine mit Quecksilber gehörig gefüllte, gleich weite, torricellische Röhre, die in dem Gefäße B in Quecksilber vertical steht. Das Quecksilber reiche darin durch den Druck der äußern Luft bis C, und CB sey also die dermalige Barometerhöhe, AC die torricellische Leere. Man lasse nun eine Portion dieser Luft, die für sich unter dem dermaligen ganzen Drucke der Luft den Raum AD messen würde, in die Röhre hinauftreten. Der Erfolg wird seyn, daß das Quecksilber in der Röhre nicht bis D, sondern tiefer herabsinken wird, z. B. bis E, und daß folglich die Luft sich von dem Raume AD zu dem Raume AE ausdehnen wird. Die Elasticität dieser dünnern Luft zusammen mit dem Gewichte der Quecksilbersäule EB stehen im Gleichgewichte mit dem Drucke der Atmosphäre oder der gleich geltenden Quecksilbersäule CB; folglich steht auch der eingeschlossene Luftraum

raum AE allein im Gleichgewichte mit einer Quecksilbersäule von der Höhe CB weniger der Höhe EB, oder von der Höhe CE. Es kann demnach das Gewicht der äußern Luft, das die verdünnte Luft in AE zusammendrückt, durch das Gewicht der Quecksilbersäule CE ausgedrückt werden. Wird der Versuch mit der gehörigen Genauigkeit angestellt, so verhalten sich die Räume der Luft AD und AE, wie CB zu CE, oder umgekehrt wie die respectiven auf sie drückenden Gewichte.

Muschenbroek a. a. O. §. 2104. 's Gravesande hat zur Anstellung des Versuchs einen genauen Apparat beschrieben (elem. phys. §. 2102. ff.).

Sonst läßt sich der Versuch auf eine leichtere Weise auch so anstellen, daß man die Glasröhre zum torricellischen Versuche (§. 379) nur zum Theile mit Quecksilber füllt, und darüber Luft stehen läßt, dann ihre Oeffnung mit dem Finger zuhält, die Röhre umkehrt, die Luft in das andere Ende der Röhre treten läßt, und die Länge des Raumes mißt, den sie einnimmt; hierauf die mit dem Finger geschlossene Oeffnung in das Gefäß mit Quecksilber bringt, den Finger wegzieht und die Höhe merkt, in der das Quecksilber durch den Druck der äußern Luft darin zurückbleibt. Es versteht sich, daß man hierbey allen Einfluß der Wärme auf die eingeschlossene Luft vermeiden muß.

§. 417. Für die verdichtete Luft läßt sich das Gesetz auf folgende Art leichter durch Versuche beweisen. Es sey PONM (Fig. 134.) eine gekrümmte, allenthalben gleich weite gläserne, Röhre, deren Schenkel MN und PO genau parallel laufen; sie sey in M geschlossen, in P aber offen. Es sey etwas Quecksilber in dieselbige geschüttet und fülle den Theil NO derselben an, wodurch nun die Luft in NM dadurch gesperrt ist. Wenn das Quecksilber in N in gleicher Höhe steht mit dem in O, so hat die Luft in NM das Gewicht der Quecksilbersäule zu tragen, welche der

dermo-

dermaligen Barometerhöhe = a correspondirt. Man gieße nun mehr Quecksilber in die Röhre PO, z. B. bis zur Höhe X, so wird die Luft im Schenkel MN dadurch stärker zusammengepreßt und z. B. den kleinern Raum MZ einnehmen. Man ziehe die Horizontallinie ZF, so ist klar, daß die in MZ eingeschlossene Luft jetzt das Gewicht der Quecksilbersäule von der dermaligen Barometerhöhe = a und der Quecksilbersäule XF zusammen zu tragen habe. Bey genau angestelltem Versuche aber, und gleich bleibender Temperatur, wird der Raum MZ, den die stärker zusammengedrückte Luft jetzt einnimmt, zu dem Raume MN, den sie vorher einnahm, sich verhalten, wie a zu XF + a; folglich umgekehrt wie die respectiven auf sie drückenden Gewichte.

Muschenbroek a. a. O. §. 2105.

§. 418. Die Abweichungen, die einige bey ihren Erfahrungen hierüber gefunden haben wollen, kommen auf Rechnung von Fehlern, die bey Anstellung dieser Versuche leicht möglich sind, so wohl in Ansehung der Messung, als besonders des Einflusses der Wärme und Feuchtigkeit.

van Swinden positiones phys. T. II. §. 263.

§. 419. **Muschenbroek** fand das Mariottische Gesetz bey einer vierfachen, und **Winkler** bey einer achtfachen Verdichtung der gewöhnlichen Luft noch zutreffend. Wie weit es aber überhaupt bey den möglichen Graden der Verdichtung oder Verdünnung der Luft noch zutreffe, das wissen wir nicht.

Muschen-

Muschenbroek a. a. O. §. 2107. Gehlers phys. Wörterb. Th. III. S. 15.

Wenn Luft ganz ins Innere der Erde dringt und mit der äußern Luft in Communication ist; und wenn das Mariottische Gesetz dafür noch immer geltend bleibt: so müßte diese Luft weiter hinab immer dichter und dichter werden, und endlich das specifische Gewicht des Goldes erlangen und darüber, und zwar schon bey einer Tiefe, die noch nicht den achtzigsten Theil des Radius der Erde betrüge.

§. 420. Es ist nach der Natur der expansibeln Flüssigkeiten wahrscheinlich, daß das Mariottische Gesetz auch bey andern Gasarten Statt finde; wenigstens scheinen einige schon angestellte Versuche dies zu bestätigen.

Felix Fontana opuscules physiques et chymiques. à Paris 1784. 4. S. 126. *Herbert* diss. de aëre fluidisque ad aëris genus pertinentibus. Vienn. 1773. 8. S. 96. ff.

§. 421. Da sich die Dichtigkeit einer Materie umgekehrt verhält, wie die Räume, die sie einnimmt (§. 52.), so folgt aus dem Mariottischen Gesetze, daß die Dichtigkeit einer elastischen Flüssigkeit, bey übrigens gleichen Umständen, sich verhalte, wie die auf sie drückenden Kräfte oder Gewichte.

§. 422. Weil ferner die Expansivkraft oder Elasticität einer elastischen Flüssigkeit der sie zusammendrückenden Kraft proportional ist (§. 376.), so muß sie sich auch, bey übrigens gleicher Wärme, verhalten, gerade wie die Dichtigkeit, und umgekehrt wie die Räume, die sie einnimmt.

§. 423. Ein elastisches Fluidum, welches bloß seiner Expansivkraft in der Verbreitung folgte, müßte sich ins Unendliche verbreiten, weil die Ausspannungskraft sich nicht durch sich selbst beschränken kann

(§. 39.); es würde also keine dauernde Atmosphäre um unsere Erde bilden können. Wenn aber das elastische Fluidum zu gleicher Zeit auch schwer ist, so wird durch die Schwerkraft desselben seine Beschränkung möglich, indem die Schwerkraft seiner Theile mit der Entfernung von der Erde in einem weit geringern Verhältnisse als die Expansivkraft bey seiner Verbreitung abnimmt. Jene nimmt nämlich im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom Mittelpuncte der Erde ab, diese hingegen nimmt ab im Verhältnisse des Cubus dieser Entfernung; und so muß endlich die Expansivkraft mit der Schwerkraft ins Gleichgewicht kommen und durch diese beschränkt werden.

Es bilde ein schweres elastisches Fluidum eine Sphäre ABDE (Fig. 135.); ihr Radius sey AC, und C der Punct, gegen welchen die Schwerkraft gerichtet ist. Diese Sphäre breite sich zu der größern FGHI aus, deren Radius FC = 2AC ist. Das elastische Fluidum wird nun einen Raum erfüllen, der 8mal größer ist, als der vorige; denn der Rauminhalt der Kugeln ist den Cubis ihrer Halbmesser gleich. Es ist also der Rauminhalt der Sphäre FGHI zu dem der Sphäre ABDE, wie $FC^3 : AC^3 = 2^3 : 1^3 = 8 : 1$. Weil sich nun die Expansivkraft des elastischen Fluidums umgekehrt verhält, wie der Raum, zu welchem es sich ausbreitet (§. 422.), so muß die Expansivkraft eines Antheils desselben an der Grenze der Sphäre F 8mal kleiner seyn, als an der Grenze der vorigen Sphäre A. Die Schwerkraft nimmt hingegen nur ab, wie das Quadrat der Entfernungen von C, und es muß daher dieselbe in einem Antheile des Fluidums an der Grenze der Sphäre F gegen die Schwerkraft desselben an der Grenze der Sphäre A nur vermindert seyn in dem Verhältnisse von $FC^2 : AC^2 = 2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Die Untersuchung und nähere Bestimmung über die Abnahme der Dichtigkeit der Schichten der Atmosphäre unserer Erde mit der Zunahme der Höhen nach dem Mariottischen Gesetze, und die darauf gegründete Methode, die Höhen der Oerter durchs Barometer zu messen, können hier noch nicht vorgetragen werden, sondern finden am besten den Platz in der Folge bey der speciellen Betrachtung der Atmosphäre unserer Erde.

§. 424.

§. 424. Die Wirkungen des Druckes der Luft durch ihr Gewicht und ihre Elasticität hat man besonders erst durch die **Luftpumpe** (Antlia pneumatica) kennen gelernt. Sie ist die Erfindung eines Deutschen, des Magdeburgischen Burgemeisters **Otto von Guerike**. Er stellte seine, nach der damaligen Zeit sehr merkwürdige, Versuche zuerst im Jahre 1654 öffentlich zu Regensburg, in Gegenwart des Kaisers **Ferdinands des Dritten** und mehrerer deutschen Reichsfürsten an. **Caspar Schott** machte diese Versuche zuerst bekannt. Aus seiner Schrift lernte sie **Robert Boyle**, der nachher diese Erfindung mit einigen Veränderungen noch mehr verbreitete.

Casp. Schotti ars mechanico - hydraulico - pneumatica. Herbip. 1657. 4. *Otton. de Guerike* experimenta nova, ut vocantur, magdeburgica, de vacuo spatio. Amstelaed. 1672. Fol. *Rob. Boyle* nova experimenta physico-mechanica de vi aëris elastica et eiusdem effectibus; ex angl. transl. Genev. 1680.; in seinen *operibus*.

§. 425. Das Wesentliche der Luftpumpe besteht aus einem hinlänglich starken metallenen Cylinder oder dem **Stiefel**, der inwendig so genau als möglich von gleich weitem Durchmesser ist, und in welchem ein genau passender **Stempel** (Embolus) bequem auf- und niedergeschoben werden kann. In den Boden des Stiefels tritt eine Röhre, welche durch einen **Teller** geht, auf welchen man den **Recipienten** oder das Gefäß aufsetzt, aus welchem die Luft ausgepumpt werden soll.

§. 426. Wenn der Stempel von dem Boden des Stiefels in die Höhe gezogen wird, so tritt die

Luft

Luft unter dem Recipienten, der auf den Teller der Luftpumpe genau anschließen muß, wegen ihrer Elasticität durch die Röhre in den Stiefel, und die Luft wird also unter dem Recipienten verdünnt. Beym Zurückstoßen des Stempels in den Stiefel darf nun die Luft nicht wieder unter den Recipienten treten, sondern es muß die Einrichtung getroffen seyn, daß die Luft einen andern Ausgang finden kann. Ist dies geschehen und wird der Stempel von neuem in die Höhe gezogen, so wird die Luft unter dem Recipienten abermals wieder in den Stiefel treten, und solcher Gestalt bey wiederholter Arbeit immer mehr und mehr verdünnt werden. Je größer der Raum des Cylinders in Vergleichung mit dem Recipienten ist, desto stärker und schneller geschieht auch die Verdünnung.

§. 427. Um beym Zurückstoßen des Stempels die in den Stiefel getretene Luft zu nöthigen, einen andern Ausweg zu finden, und zu verhindern, daß sie nicht wieder in den Recipienten zurücktreten kann, dient entweder ein Hahn in der den Stiefel mit dem Teller verbindenden Röhre, der auf eine doppelte Art durchbohrt ist, und hiernach beym Heraufziehen und Herunterstoßen des Stempels jedesmal gedrehet werden muß, oder es sind **Ventile** angebracht, eines im Boden des Stiefels, und eines in dem Stempel, die sich beyde aufwärts öffnen. Bey den Luftpumpen mit einem Hahne ist der Stiefel gewöhnlich und wegen der mehrern Bequemlichkeit liegend, entweder ganz horizontal, oder schief gegen den Horizont; bey denen mit

mit Ventilen ist er stehend, und sie heißen deswegen auch wohl **verticale Luftpumpen.** Man hat diese auch mit zwey Cylindern, die sich in der gemeinschaftlichen Röhre des Tellers endigen und zum schnellern Auspumpen sehr bequem sind. Sonst sind bey allen diesen Luftpumpen mancherley Vorrichtungen angebracht worden, den Stempel in dem Cylinder bequemer auf- und niederzubewegen. Um übrigens in den Raum unter dem Recipienten auf dem Teller wieder bequem Luft lassen zu können, muß die Verbindungsröhre zwischen dem Stiefel und dem Teller mit einem Hahne oder Wirtel versehen seyn.

§. 428. Seit der Erfindung der Luftpumpe durch **Otto von Guerike** und ihrer ersten Verbesserung durch **Rob. Boyle** ist man häufig bemüht gewesen, dem Werkzeuge theils mehrere Vollkommenheit, theils mehrere Bequemlichkeit zu geben. Diese Bemühungen haben aber auch zum Theile das Instrument complicirt gemacht. Auf die Verschiedenheit der Einrichtung des dabey angewendeten Mechanismus gründen sich verschiedene Arten der Luftpumpen, wovon ich hier nur die gewöhnlichern und die neuern nenne:

1) **Senguerds Luftpumpe.** Sie ist mit einem Hahne und schief liegend oder horizontal, und die gezahnte Stempelstange wird vermittelst eines **Kreuzhaspels** aus- und eingewunden.

Wolfs nützliche Vers. Th. I. S. 112. ff.

2)

2) Hawksbee's Luftpumpe. Sie ist mit doppelten, stehenden, Stiefeln und mit Ventilen. Die bezahnten Kolbenstangen werden durch ein Stirnrad vermittelst einer Kurbel auf- und niedergewunden.

Acta eruditorum. Supplem. V. S. 403.

Hawksbee expériences physico-mécaniques, trad. de l'Angl. à Paris 1754. 2 Vol. 8.

3) Leupolds Luftpumpe. Sie ist von der vorigen dadurch unterschieden, daß die Kolbenstangen an einer Art Waagebalken durch einen doppelarmigen Hebel auf- und niedergedrückt werden.

Acta eruditor. 1713. S. 95. Leupolds deutliche Beschreibung der so genannten Luftpumpe. Leipz. 1707. 4. Erste Fortsetzung. 1711. 4.

4) Nollets einfache und doppelte Luftpumpe. Sie haben die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmal in die rechte Stellung versetzt.

Nollet, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1740. S. 385. und 567.; 1741. S. 338.; ingl. in den *Leçons de Phys. experim.* T. III. Leç. X. Karstens Lehrbegriff der ges. Mathematik, Th. VI. S. 432. ff.

's Gravesande's einfache und doppelte Luftpumpe sind im Wesentlichen den Nolletschen ähnlich, nur mehr zusammengesetzt.

Joh. von Muschenbroek Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe, a. d. Franz. übers. von M. Joh. Christoph Thenn. Augsb. 1765. 8. Karstens Lehrbegr. Th. VI. S. 439. ff.

5) Smeatons Luftpumpe, mit Ventilen, und so eingerichtet, daß sie auch zum Zusammendrücken der Luft angewendet werden kann.

A Letter from M. *J. Smeaton*, concerning some improvements made by himself in the air-pump; in den *philos. transact.* Vol. XLVII. S 415 ff. Karstens Lehrbegriff der Mathem. Th. VI. S. 443. ff. Ebendesselben Anfangsgr. der Naturl. §. 232. ff.

Einige Verbesserungen dieser Luftpumpe hat Hr. Leiste angegeben. (Beschreibung einer neuen Luftpumpe. Wolfenbüttel 1772. 4.)

Die Smeatonsche Luftpumpe, mit den von Nairne und Blunt angebrachten Verbesserungen, beschreibt Hr. Lichtenberg. (Erxlebens Anfangsgr. der Naturlehre, 4te und 5te Aufl. nach der Vorrede.)

6) **Cuthbersons Luftpumpe** ohne Hähne und Ventile, mit Stöpseln und Oehlladen.

Beschreibung einer verbesserten Luftpumpe, von Joh Cuthberson, a. d. Engl. Mannheim 1788. 8.

7) **Schraders Luftpumpe**, mit metallenen Kegelventilen.

Beschreibung einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Flensb. und Leipz. 1791. 8. und in Grens Journ. d. Phys. B. III. S. 357. ff.

Als eigenthümliche Arten der Luftpumpen sind folgende anzusehen:

8) **Baaders Luftpumpen** mit Quecksilber.

a) Physicalisches Tagebuch, von Hübner. I. Jahrg. 1784. S. 650.

b) Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 326. ff.

9) **Hindenburgs Luftpumpe** mit Quecksilber.

Antliae novae hydraulico - pneumaticae mechanismus et descriptio, auct. C. F. *Hindenburg*. Lipf. 1787. 4.

§. 429. Zu den Erfordernissen einer guten Luftpumpe gehört: daß sie die Luft so viel als möglich verdünne; daß dies schnell genug geschehe; daß sie zur Anstellung der nöthigen Anzahl von Versuchen geschickt und von einfacher Construction sey; und daß sie keinen zu großen Aufwand von Kräften bey der Bewegung der Stempel erfordere.

Eine Vergleichung der mehresten der (§. 428.) angeführten Luftpumpen nach diesen Erfordernissen, sehe man bey *van Swinden* posit. phys. T. II. S. 143. ff.

§. 430.

§. 430. Zu den Recipienten bey der Luftpumpe bedient man sich in den mehresten Fällen gläserner Glocken von hinlänglicher Stärke, deren Gewölbe der äußern Luft widersteht, wenn der Druck derselben durch die Verdünnung der Luft unter der Glocke einseitig wird. Um das Eindringen der äußern Luft zwischen dem Rande der Glocke und dem Teller zu verhüten, dient ein naß gemachtes Leder, in dessen Mitte ein Loch für die Oeffnung im Teller ist. Der Rand der Glocke muß recht eben und glatt geschliffen seyn. Man drückt sie anfangs etwas auf den Teller auf, bis sie hernach bey weiterm Fortpumpen durch den Druck der Atmosphäre fest genug anschließt. Wo aber die Feuchtigkeit des Leders schädlich seyn könnte, bedient man sich eines guten Küttes. Sonst verbindet man auch andere Gefäße, aus denen man die Luft auspumpen will, durch Zapfen mit Schraubenmuttern, die in den Schraubengang der Verbindungsröhre des Tellers genau passen, und bringt auch noch mit Oehl getränktes Leder dazwischen. Um diese Gefäße mit der verdünnten Luft von der Luftpumpe abzunehmen, dient ein genau schließender Hahn in dem Zapfen.

Von der nöthigen Einrichtung des Recipienten, um verschiedene Bewegungen darunter vornehmen zu können, s. *'s Gravesande* elem. phys. §. 2476 — 2484.

§. 431. Durch die Luftpumpe kann man keinen vollkommen luftleeren oder torricellischen Raum (§. 379.) hervorbringen, sondern eigentlich nur eine starke Verdünnung der Luft. Die Dichtigkeit der Luft

 unter

unter dem Recipienten nimmt in geometrischer Progression beym gleichförmigen Auspumpen ab. Bey gleich großen Zügen verhält sich ihre Dichtigkeit vor jedem Zuge zur Dichtigkeit nach jedem Zuge wie der Raum, in den sie sich nach dem Zuge ausbreitet, zu dem Raume, in dem sie vor dem Zuge eingeschlossen war.

§. 432. Die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten der Luftpumpe, oder eigentlich die Elasticität der darunter befindlichen expansibeln Flüssigkeit, was oft Wasserdampf ist, beurtheilt man durch Elaterometer. Dahin gehört: 1) eine Barometerröhre, die mit ihrem obern offenen Ende durch den Teller der Luftpumpe luftdicht tritt und solcher Gestalt mit dem Raume des darauf stehenden Recipienten in Gemeinschaft ist, deren unteres offenes Ende aber in einem hinlänglich weiten Gefäße mit Quecksilber steht, von dessen Oberfläche an eine genau eingetheilte Scale angebracht, und woran die Barometerröhre selbst befestigt ist. Wenn nun die Luft unter dem Recipienten verdünnt wird, so wird sie es auch in dieser Barometerröhre, und der Druck der äußern Luft treibt das Quecksilber darin in die Höhe. Aus der Höhe des Quecksilbers darin, abgezogen von der dermaligen Barometerhöhe, ergiebt sich das Verhältniß der Elasticität des elastischen Fluidums unter dem Recipienten. Dieser Elasticitätszeiger scheint vor andern deshalb Vorzüge zu haben, weil dadurch gleich vom Anfange an die Grade der Verdünnung der Luft beurtheilt werden können, und die Luft, die sich etwa aus dem Quecksilber

ent-

entwickelt, hierbey nicht nachtheilig wird. Wenn das obere Ende der Barometerröhre zur Seite gekrümmt nicht in den Teller, sondern in dessen Communicationsröhre tritt, so ist es noch vortheilhafter, und auch da zu brauchen, wo man auf die Röhre die Gefäße, worin die Luft verdünnt werden soll, aufschraubt.

's Gravesande a. a. O. §. 2151.

§. 433. 2) Die **gewöhnliche Barometerprobe**, eine kurze, mit Quecksilber gefüllte, oben geschlossene, unten offene, Glasröhre, die mit ihrem untern Ende in einem Glase mit Quecksilber steht und mit einer Scale versehen ist. Das Quecksilber fängt erst an, darin zu fallen, wenn die Luft unter dem Recipienten bis zu einem gewissen Grade der Verdünnung gekommen ist. Die Höhe des darin zurückbleibenden Quecksilbers wird als Maaßstab für die Elasticität angesehen. Wenn aber auch das Quecksilber in dieser Röhre ausgekocht worden ist, so vermischt es sich doch bey seinem Fallen nachher mit dem Quecksilber des Gefäßes, wodurch beym folgenden Gebrauche das Quecksilber darin wieder lufthaltig ist, und so die Probe unrichtig macht.

§. 434. Besser ist daher 3) die **heberförmige Barometerprobe**, oder ein abgekürztes heberförmiges Barometer, welches ausgekochtes Quecksilber enthält. Man beurtheilt hier ebenfalls die Elasticität des Fluidums unter dem Recipienten aus der Höhe der Quecksilbersäule in dem geschlossenen Schenkel über dem Niveau des Quecksilbers in dem offenen Schenkel.

§. 435.

§. 435. 4) **Smeatons Elasticitätszeiger.** In einer heberförmigen, gläsernen, gleich weiten Röhre CBAG (Fig. 136.), deren kürzerer Schenkel geschlossen, und deren längerer bey G offen ist, befindet sich Quecksilber, z. B. von I bis D, und der Theil CD enthält Luft. Wird nun die Luft im Raume des Recipienten, worin sich der Elasticitätszeiger befindet, verdünnt, so dehnt sich die Luft in CD durch ihre Elasticität aus, und das Quecksilber steigt im längern Schenkel, bis Gleichgewicht da ist.

Zu Folge des Mariottischen Gesetzes läßt sich die Verdünnung der Luft aus der Höhe des Quecksilbers in diesem Elasticitätszeiger nach van Swinden auf folgende Weise beurtheilen. Es sey das Quecksilber im kürzern Schenkel von D bis B herabgedrückt; es sey CD = a; b sey die dermalige Barometerhöhe; IE = c sey die Höhe des Quecksilbers über dem vorigen Niveau, oder über dem Anfange der Scale, und gleich DB; x zeige an, wie vielmal die Luft im Recipienten dünner sey: so ist $x = \frac{b(a+c)}{ba - c(a+c)}$.

van Swinden pos. phys. T. II. S. 153.

§. 436. Alle diese Proben zeigen eigentlich an, wie vielmal minder elastisch die expansibele Flüssigkeit unter dem Recipienten sey, als die Luft, die vor dem Auspumpen darunter war; aber sie geben keineswegs die Verdünnung der noch übrigen atmosphärischen Luft an, außer wenn man annehmen dürfte, daß sich gar kein anderes elastisches Fluidum darunter gebildet hätte. Dies ist aber nicht der Fall, sondern es erzeugt sich Dampf aus der Feuchtigkeit, dem Oehle, u. dergl., der als elastisches Fluidum die Elasticitätsmesser afficirt und macht, daß sie einen geringern Grad der Verdünnung der Luft angeben, als diese wirklich erlit-

ten hat, und als sie angeben würden, wenn sich kein Dunst gebildet hätte.

§. 437. Um die wirkliche Verdünnung der Luft unter dem Recipienten zu erfahren, braucht man die Smeatonische, so genannte, **Birnprobe**, ein gläsernes, birnförmiges Gefäß, das unten offen ist und sich oben in eine genau cylindrische Röhre endigt, deren Inhalt einen genau bestimmten aliquoten Theil des ganzen Inhaltes des Gefäßes ausmacht und wiederum in kleinere Abtheilungen getheilt ist. Man hängt die leere Probe an einen beweglichen Stift, der durch eine Lederbüchse in dem Gewölbe des Recipienten geht und dadurch herauf- und herabbewegt werden kann, unter den Recipienten über einem Gefäße mit Quecksilber auf, pumpt die Luft so stark als möglich aus dem Recipienten aus, drückt dann die Birnprobe mit ihrer offenen Mündung in das Quecksilber tief genug hinab, und läßt nun wieder die äußere Luft unter den Recipienten treten. Jetzt drückt diese das Quecksilber in den Raum der Birnprobe hinauf, zugleich wird der Dunst, der den Elasticitätsmesser (§. 436.) afficirte, hierbey durch diesen Druck zersetzt, und es bleibt bloß die Luft übrig. Der Raum dieser oben in der Röhre der Birnprobe übrig bleibenden Luft, verglichen mit dem Raume des ganzen Gefäßes, zeigt an, wie vielmal die Luft unter dem Recipienten wirklich dünner gewesen sey. Aber es ist hierbey wohl zu erinnern: daß, wenn die Birnprobe den wirklichen Grad der Verdünnung der Luft anzeigen soll, es unumgänglich nothwendig ist, daß das Queck-

silber

silber außerhalb der Birnprobe in dem Gefäße, worein man sie taucht, nicht niedriger stehe, als inwendig, sondern in gleichem Niveau damit sey, sonst wird die Luft in der Birnprobe nicht die Dichtigkeit haben (§. 416.), die sie der Voraussetzung zu Folge haben müßte; daß ferner die zurückbleibende Luft in der Birnprobe einerley Temperatur habe mit der vor der Verdünnung; und endlich, daß aus dem Quecksilber selbst sich keine Luft während des Anfüllens der Birnprobe entwickele. Um das letztere zu verhüten, muß man sich solches Quecksilbers bedienen, das man kurz vorher ausgekocht hat. Unter Beobachtung dieser Regeln lassen sich denn auch, wie Herr **Schmidt** gezeigt hat, die Einwürfe heben, die **Brook** gegen die Richtigkeit dieser Probe gemacht hat.

Wenn man die Birnprobe nicht ganz so tief in Quecksilber eintauchen kann, als es inwendig steht, so müßte man durch Rechnung nach dem Mariottischen Gesetze zu bestimmen suchen, wie groß der Raum x der darin befindlichen Luft unter dem ganzen Drucke der Atmosphäre oder der dermaligen Barometerhöhe b seyn würde gegen den Raum a, den sie jetzt in der Probe einnimmt, da von dem ganzen Drucke der Atmosphäre auf sie noch der Gegendruck abgeht, den die perpendiculäre Höhe c des Quecksilbers darin über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße verursacht. Es ist nämlich, (nach §. 416.),

$$x : a = b - c : b; \text{ daher ist}$$

$$x = \frac{a(b - c)}{b}.$$

Joh. **Brooks** vermischte Erfahrungen über die Electricität, die Luftpumpe und das Barometer, a. d. Engl. mit Zusätzen und Anmerkungen von D. **Kühn**. Leipzig 1790. 8. Ueber die von Hrn. **Brook** entdeckte Trüglichkeit der Smeatonischen Birnprobe und die Mittel, sie zu vermeiden, vom Herrn Prof. **Schmidt**; in **Grens** neuem Journ. der Physik, B. III. S. 150. ff.

§. 438. Der elastische Dunst von Feuchtigkeit, der sich im Raume des Recipienten bey der Verdünnung

nung der Luft zeigt, ist übrigens allerdings ein Mittel, die Luft noch mehr zu verdünnen, als ohne denselben geschehen würde, weil mit seiner fortdauernden Ausziehung auch immer zugleich noch rückständige Luft ausgezogen wird; woraus sich denn auch leicht der Unterschied der Angaben der Birnprobe von denen der Barometerprobe erklären läßt.

§. 439. Mit den wohleingerichteten Luftpumpen lassen sich nun durch Versuche die vorher angeführten Sätze von der Elasticität und dem Drucke der Luft leicht beweisen und anschaulich machen, und andere Versuche anstellen, die zum Beweise verschiedener noch vorzutragender Sätze dienen.

Versuche hierzu:

Das Quecksilber sinkt im Barometer bey der Verdünnung der Luft, die auf das Quecksilber drückt, und steigt wieder durch Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Das Quecksilber steigt in einer Röhre, die oben offen und mit dem Raume des Recipienten in Verbindung ist, und fällt wieder bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Eine Glasplatte wird sogleich vom Drucke der Luft zersprengt.

Eine Blase, die über einen metallenen Cylinder gespannt ist, wird durch den Druck der äußern Luft mit einem starken Knalle zersprengt und auch Wasser durch dieselbe getrieben.

Zwey magdeburgische Halbkugeln von 4 Zoll Durchmesser hängen durch einen Druck der Atmosphäre stark zusammen.

Eine schlaffe, fest gebundene Blase mit atmosphärischer Luft, schwellt im Guerikschen Raume stark auf und fällt wieder durchs Hinzulassen der äußern Luft zusammen.

Der Heronsball springt durch die Elasticität der eingeschlossenen atmosphärischen Luft.

Aus einem Gefäße mit enger Mündung, die im Wasser steht, tritt die Luft beym Auspumpen hervor und die äußere hinzugelassene Luft treibt nachher das Wasser in das Gefäß hinein.

Ein Heber hört in der verdünnten Luft zu laufen auf.

Täucherchen, die im Wasser an offener Luft sinken, schwimmen bey verdünnter Luft.

Unter

Unter dem Recipienten siedet bey starker Verdünnung der Luft nur mäßig erwärmtes Wasser.

Kaltes Wasser wird im Guerikschen Raume zum elastischen, vollkommen durchsichtigen Dampfe, der sich bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft niederschlägt. Bey der Bildung dieses Dampfes erzeugt sich Kälte, bey dem Niederschlagen Wärme, wie ein empfindliches Luftthermometer beweiset.

* * *

Bier, Milch, Seifenwasser, Sauerteig, geben unter der Luftpumpe eine große Menge von Luftblasen von sich.

Holz, das durch etwas angehängtes Bley im Wasser zum Sinken gebracht ist, giebt beym Verdünnen der Luft eine große Menge Luftblasen von sich und kommt im Wasser zum Schwimmen.

Holz, das von Luft leer gemacht ist, sinkt im Wasser unter.

Warmblütige Thiere sterben schnell in der verdünnten Luft unter der Glocke der Luftpumpe.

Eine brennende Kerze verlischt in der verdünnten Luft.

Bey der Verdünnung der Luft vermindert sich der Schall eines Schlagwerkes darin und verschwindet beynahe ganz.

§. 440. Man pumpe aus einem schicklichen Gefäße die darin enthaltene Luft so rein als möglich aus, und hänge dasselbe, nachdem es vor dem Abnehmen von der Luftpumpe durch einen Hahn genau verschlossen worden ist, an eine empfindliche Waage. Man bringe es ins genaue Gleichgewicht, öffne den Hahn und lasse die äußere Luft hineintreten, so wird es nun einen Ausschlag geben, und die zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nöthigen Gegengewichte werden ungefähr angeben, wie viel die Luft wiegt, die in den Raum der Kugel geht. Da aber die Dichtigkeit der Luft durch die Wärme vermindert und durch die Kälte vermehrt wird; da sie ferner nicht stets in einerley zusammengepreßtem Zustande in der Atmosphäre ist, wie das Barometer lehrt; und da der in der Luft be-

befindliche Wasserdunst nicht immer sich gleich bleibt: so sieht man leicht, daß man bey Bestimmung des Gewichts von einem bestimmten Raume von Luft hierauf Rücksicht nehmen muß. Die Angaben über das specifische Gewicht der Luft gegen das Wasser sind aus eben diesem Grunde auch sehr verschieden.

Die Kugel, deren ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist aus der Verlassenschaft des sel. Hofraths Karsten. Sie faßt nahe $119\frac{1}{2}$ rheinl. Decimalcubikzoll, und die Luft wiegt, wenn sie nicht sehr feucht ist und die Temperatur von 65° Fahr. hat, bey der Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien paris., $73\frac{1}{2}$ Gran Medicinalgewicht; folglich wiegt ein rheinl. Decimalcubikzoll Luft $\frac{1}{1,63}$ oder 0,615 Gran. Da nun ein Decimalcubikzoll Wasser bey dieser Temperatur 492,229 Gran wiegt (§. 353.), so verhält sich das eigenthümliche Gewicht des Wassers zu dem der Luft wie 492229 : 615 oder nahe 800 : 1. Wenn man das eigenthümliche Gewicht des Wassers zur Einheit annimmt, so ist das der Luft 0,0012. — Ein rheinl. Cubikfuß Luft wiegt solcher Gestalt 615,062 Gran im Medicinalgewichte.

Nach Schukburgh (*philos. transact.* Vol. LXVII. S. 557.) ist das eigenthümliche Gewicht der Luft bey 29,27 Zoll engl. (27 Z. 5,6 L. paris.) und 10° R. 840 mal kleiner, als das des reinen Wassers von eben dieser Temperatur.

Herr Schmidt fand nach einer Mittelzahl von mehrern Versuchen die Luft von 15° — $16\frac{1}{2}$° R. und 28 Z. $1\frac{5}{8}$ L. — 27 Z. $11\frac{3}{4}$ L. Barom. 838 mal leichter, als Wasser. (S. dessen Sammlung phys.-mathem. Abh. B. 1. S. 114.

§. 441. Weil aber bey diesen Versuchen die Luft nie ganz aus der Kugel ausgepumpt werden kann, so erfährt man eigentlich nur, wie viel die Luft wiegt, die in die Kugel dringt, nicht das Gewicht des ganzen innern Luftraums der Kugel, und man muß, um genau zu verfahren, bestimmen, wie viel Luft noch in der Kugel geblieben ist. Man kann zu dem Ende erst die luftvolle Kugel an der Waage genau wiegen, hierauf die Luft daraus so stark als möglich auspumpen, bey verschlossenem Hahne wieder wiegen, und so das

Ge-

Gewicht der ausgezogenen Luft finden, worauf man unter ausgekochtem Wasser den Hahn öffnet, das Wasser hineintreten läßt und durch Umkehrung der Kugel die darin noch übrige Luft in ein Gefäß mit Wasser leitet, worin man sie genau bey bestimmter Temperatur messen kann. Der Raum dieser Luft, abgezogen vom innern Raumesinhalte der Kugel, giebt im Reste den Raum der Luft an, die man gewogen hat. Dieses Verfahren ist sicherer, als aus der Vergleichung der Gewichte der ausgepumpten Luft und des nachher in die Kugel getretenen Wassers unmittelbar das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte zu finden.

Noch bleibt allerdings ein Fehler wegen des Gewichts des in der ausgepumpten Kugel befindlichen Dunstes; er kann aber nur unbeträchtlich seyn.

§. 442. Auf eine ähnliche Weise läßt sich auch das Gewicht anderer Luftarten bey einem bestimmten Volum erfahren, und so das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte unter einander so wohl, als gegen das Wasser bestimmen.

S. oben S. 253.

§. 443. Da die Luft, wie jeder flüssige Körper, nach allen Seiten zu drückt, so muß jeder darin befindliche Körper, wie beym Abwägen im Wasser, nicht mit seinem absoluten Gewichte sinken, sondern so viel davon verlieren, als die Luft wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt, und ein und eben derselbe Körper muß aus eben diesem Grunde in der Luft schwerer werden, oder eigentlich, sein respectives Gewicht (§. 332.) muß zunehmen, wenn er in einen engern

engern Raum zusammengedrängt wird, wie auch die Erfahrung lehrt. Eben so muß auch die Fallhöhe der schweren Körper in der Luft anders seyn, als im leeren Mittel (§. 216.).

Ein ausgedehnter und aufgelockerter Federsack ist leichter, als wenn er enge zusammengeschnürt ist.

Hierher gehören auch die Erscheinungen des Pulshammers.

§. 444. Da ferner ein und eben derselbige feste Körper, in einer Flüssigkeit abgewogen, um desto weniger von seinem absoluten Gewichte verliert, oder ein desto größeres respectives Gewicht behält, je geringer das specifische Gewicht der Flüssigkeit wird, (§. 336.), so müssen einerley Körper, in Luft von verschiedener Dichtigkeit gewogen, ungleich viel wiegen.

§. 445. Hierauf gründet sich das **Guerikſche Manometer** (Manometrum, Dasymetrum. Es wird nämlich an einen empfindlichen Waagebalken eine hinlänglich große, hohle, aber luftdicht verschlossene, metallene, oder besser, gläserne Kugel aufgehängt, und durch ein massives Gewicht von Bley, das gegen die Kugel einen viel kleinern Raum einnimmt, ins Gleichgewicht gebracht. Wenn sich nun die Dichtigkeit der Luft ändert, so müssen beyde ungleich viel von ihrem absoluten Gewichte verlieren: und zwar, wenn die Luft dichter wird, so giebt das Gegengewicht den Ausschlag; wird sie aber dünner, so sinkt die Kugel. Herr **Fouchy** und **Gerstner** haben eine Verbesserung dieses sehr brauchbaren Werkzeugs angegeben, und letzterer hat zugleich die Anwen-

wendung desselben bey Höhenmessungen mit dem Barometer gezeigt.

Otton. de Guerike exper. nov. S. 114. Beschreibung eines Dasymeters, oder eines Werkzeugs, um die Dichtigkeit jeder Luftschicht zu messen, von Hrn. de Fouchy; übersetzt in Lichtenbergs Magaz. f. das Neueste aus der Physik. B. III. St. 4. S. 93. ff. Gerstners Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmessungen; in den Beob. auf einer Reise nach dem Riesengebirge. Dresd. 1791. 8. S. 271., und in Grens Journ. der Physik. B. IV. 172.

§. 446. Dieses Werkzeug läßt sich auch gebrauchen, um das absolute Gewicht eines bestimmten Raumesinhalts der Luft, und also ihr eigenthümliches Gewicht, unter verschiedenen Umständen derselben, auf eine sehr einfache Weise zu erfahren.

Es sey eine hinlänglich große Kugel von dünnem Glase, die luftdicht verschlossen, am besten zugeschmolzen ist, und deren ganzer Raumesinhalt V heiße, an einer dazu eingerichteten, empfindlichen Waage, bey einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Barometerstande der Luft, mit einem massiven metallenen Gegengewichte von Bley, dessen ganzer Raumesinhalt v ist, ins genaue Gleichgewicht gesetzt. Der Luftraum, welcher manometrisch das Werkzeug afficirt, ist $V - v = a$, was man durch genaue Ausmessung der beyden Körper, am besten durch Wasserwägen (§. 357.) bestimmt, und in bekannten Maaßen, z. B. paris. Cubikzollen, ausgedrückt, ein- für allemal merkt. Man sucht ferner das absolute Gewicht P eines Luftvolums a in bekannten Gewichtstheilen, bey eben derselbigen Temperatur und demselbigen Barometerstande, nach der vorher (§. 441.) angegebenen Methode, und merkt dieses Gewicht ein- für allemal, so hat man $\frac{P}{a}$, oder das eigenthümliche Gewicht für atmosphärische Luft von bestimmter Temperatur und Zusammendrückung. Wenn sich nun die Beschaffenheit der Luft ändert und ihr eigenthümliches Gewicht zu- oder abnimmt, so wird das Gleichgewicht gestört, und man muß im erstern Falle Gewichtstheile zur Kugel, im andern Falle zum Gegengewichte legen, um das Gleichgewicht herzustellen. Die Summe dieser Gewichtstheile heiße p, und es ist demnach das absolute Gewicht des Luftvolums a bey vermehrter Dichtigkeit $P + p$, bey verminderter Dichtigkeit aber $P - p$ geworden, und man findet das jetzt veränderte eigenthümliche Gewicht durch $\frac{P + p}{a}$ oder $\frac{P - p}{a}$, weil

a sich immer gleich bleibt, (§. 437). Wenn die Luft noch einmal so dicht würde, als sie bey Bestimmung des P und bey Regulirung des Werkzeuges war, so würde p = P oder P + p würde 2P werden, im leeren Raume aber wäre P − p = 0.

Man hängt die Kugel und das massive Gegengewicht nicht unmittelbar an den Waagebalken, sondern an kleine, gleich große und gleich schwere Waagschaalen, die an Haken hängen, wie bey der gewöhnlichen hydrostatischen Waage; diese Waagschälchen dienen zur Aufnahme der Gewichte p. Dieses Gewichte nehmen übrigens zwar selbst Raum ein; er ist aber, als sehr unbeträchtlich gegen a, wohl ohne merklichen Fehler aus der Acht zu lassen: sonst kann man ihn auch aus dem einmal bekannten eigenthümlichen Gewichte ihrer Materie leicht berechnen.

Sie=

Siebentes Hauptstück.

Schwingungsbewegungen schallender und klingender Körper.

§. 447.

Das Anschlagen an feste, gespannte, mit Schnellkraft oder Federkraft begabte Körper, das Streichen gespannter Saiten, das schnelle und plötzliche Hervorbrechen elastischer Flüssigkeiten aus engen Mündungen fester Körper, wie z. B. bey der Entzündung des Schießpulvers in Schießgewehren, bey der Entzündung der Knallluft in der electrischen Pistole, sind für uns mit einer Wirkung begleitet, die wir nach einem generischen Ausdrucke Schall nennen.

§. 448. Wenn die Veränderung des Zustandes des schallenden Körpers in unserm Gehörorgane die Empfindung bewirken soll, so muß es nothwendig ein Medium geben, durch welches diese Veränderung die Gehörwerkzeuge afficirt, und dies ist gemeinhin die Luft, ohne welche um den schallenden Körper herum für uns kein Schall da seyn würde, vorausgesetzt, daß kein anderes dazu fähiges Medium den Schall zu unsern Gehörwerkzeugen fortpflanzt.

§. 449. Wir müssen also bey der Darstellung der Lehre vom Schalle Rücksicht nehmen: 1) auf den ursprünglich den Schall erregenden Körper (Corpus sono-

sonorum) und 2) auf das den Schall bis zu unserm Gehöre fortpflanzende Mittel.

§. 450. Um den Zustand, worin die ursprünglich schallenden Körper während des Schallens sich befinden, gehörig beurtheilen zu können, wollen wir eine gespannte Saite als Beyspiel wählen. Soll sie fähig seyn, Schall (Klang) zu erregen, so muß sie einen gewissen Grad der Spannung haben. Wird die gespannte Saite, wie z. B. an der Harfe, aus der geraden Linie, in der sie im Zustande der Ruhe ist, durch Druck daran gebogen, so kommt sie offenbar in Bewegung, wenn der Druck des Fingers, der sie bog, wieder wegfällt, und zugleich entsteht nun auf unser Gehörorgan die Wirkung, die wir Klang nennen. Der Grund der Bewegung der klingenden Saite ist ihre Contractilität oder Schnellkraft. Wird nämlich die gespannte Saite aus der geraden Linie gedrückt, so wird sie ja dadurch gedehnt; ihre gedehnten Theile suchen sich wieder so viel als möglich zu nähern, und sie strebt also, sich wieder in die Gestalt ihrer kürzesten Länge, d. i., in die gerade Linie, zu versetzen. Da sie aber, wenn sie in diese Lage gekommen ist, eine determinirte Geschwindigkeit erlangt hat, (indem die Contractilität als stetige Kraft, obwohl als veränderliche Größe, wirksam ist,) so bleibt sie in der geraden Richtung nicht ruhen, sondern beugt sich auf die entgegengesetzte Seite, von da wieder zurück, u. s. f., bis endlich diese Beugungen durch den Widerstand der Luft immer kleiner und kleiner werden, und so die Saite wieder in Ruhe kommt.

§. 451. Die zum Schalle oder Klange erforderliche Bewegung der Saite ist also offenbar ein pendulartiges Schwingen derselben; kein bloßes Erzittern ihrer kleinsten Theile.

§. 452. Da demnach das Wesen des Schalles in pendulartigen Schwingungen der schallenden Körper oder ihrer Theile besteht, so folgt, daß alle Körper, welche, oder deren Theile, einer solchen schwingenden Bewegung fähig sind, ursprünglich schallende Körper werden können: und dahin gehören alle feste contractile, und alle expansibele, oder überhaupt alle so genannte elastische; ihre Elasticität sey entweder eine attractive oder expansive.

§. 453. Wenn aber der Schall schallender oder klingender Körper für uns hörbar seyn soll, so müssen die Schwingungen derselben oder ihrer Theile eine bestimmte Geschwindigkeit haben. Deshalb müssen die contractilen Körper, wenn sie schallend seyn sollen, eine gewisse Spannung haben, damit ihre Schwingungen den nöthigen Grad der Geschwindigkeit erlangen. Eine zu schlaffe Saite klingt nicht, weil sie nicht geschwind genug schwingt.

§. 454. Von der Menge der schwingenden Theile und von der Größe der Schwingungsbogen hängt die Größe oder Stärke des Schalles ab; von der Dauer derselben die Dauer des letztern.

§. 455. Wenn diese Schwingungen regelmäßig, d. i., gleichzeitig erfolgen, so heißt die Empfindung,

die

die sie in unserm Gehörorgane bewirken, ein **Klang**; sonst aber, wenn das Gegentheil Statt findet, ein **Geräusch**, **Getöse**, **dumpfer Schall**. Ein augenblicklich vorübergehender, heftiger Schall heißt ein **Knall**.

§. 456. Wenn man zwey Saiten, die aus einerley Materie bestehen und gleich dick, aber ungleich lang sind, gleich stark spannt, so machen sie nicht einerley Empfindung auf unser Gehör, wenn sie erschüttert werden. Wir sagen, daß die kürzere Saite **höher**, die längere aber **tiefer** klinge, und das Verhältniß der Höhe oder Tiefe des Klanges zu einem andern nennen wir **Ton**.

§. 457. Die Schwingungen der Saite bey ihrem Klingen sind pendulartig (§. 451.). Da nun ein Pendul desto langsamer schwingt, je länger es ist, so muß auch bey dem **tiefen Tone** der längern Saite die Anzahl der Schwingungen in einerley Zeit nicht so groß seyn, als bey dem **höhern Tone** der kürzern Saite. **Tiefe Töne** sind also solche, wobey in einerley Zeit weniger Schwingungen sind, als bey andern, mit denen man sie vergleicht, und **hohe Töne**, bey welchen mehr Schwingungen in eben dieser Zeit Statt finden. Es giebt aber für das menschliche Ohr eine gewisse Höhe und Tiefe, über und unter welche der Ton nicht weiter verglichen werden kann.

§. 458. Die Contractilität der gespannten Saiten ist der Grund ihrer Schwingungen beym Klingen, oder ist die bewegende Kraft dabey; ihre Thätigkeit

 nimmt

nimmt daher zu, je mehr die Saiten gespannt werden. Was also bey den Penduln die verschiedenen Schweren sind, das sind ben den Saiten die spannenden Gewichte, wodurch wir die Größe der Spannung ausdrücken können. Und so wie ein Pendul geschwinder schwingt, wenn die Schwere stärker darauf wirkt, so schwingt auch eine Saite bey gleicher Länge schneller, wenn sie stärker gespant ist. Da nun von der Geschwindigkeit ihrer Schwingungen die Höhe ihres Tones abhängt, so sieht man leicht ein, daß man bey Bestimmung der Tonhöhe der Saiten auch außer der Länge auf ihre Spannungen Rücksicht nehmen müsse. Bey sehr langen und dicken Saiten läßt sich diese Ungleichheit ihrer Schwingungen, wenn sie verschiedentlich gespannt sind, auch schon durchs Auge wahrnehmen.

§. 459. Endlich kommt in Ansehung der Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gegebenen Zeit macht, auch die Dicke derselben in Betracht, und sie widersteht der Bewegung um desto mehr, je mehr Masse sie bey gleicher Länge und Spannung hat; sie muß also desto langsamer schwingen, und also einen tiefern Ton geben, je dicker sie ist, und umgekehrt, wenn die Längen und Spannungen gleich sind. Man hat folglich bey Bestimmung der Tonhöhe einer Saite: 1) auf ihre **Länge**, 2) auf ihre **Spannung**, und 3) auf ihre **Dicke** zu sehen.

§. 460. Die Erfahrung bestätigt folgende aus dem Vorhergehenden fließende Sätze bey Saiten von einerley Materie:

1)

1) Bey gleich langen und gleich dicken, aber ungleich gespannten Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen, folglich ihre Tonhöhe, wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte oder Gewichte.

Wenn wir die Anzahl der Schwingungen oder die Tonhöhe der Saiten von gleichartiger Materie N, n, die spannenden Gewichte oder Kräfte P, p, die Längen derselben L, l, und die Durchmesser derselben D, d nennen, und L = l und D = d ist, so ist $N : n = \sqrt{P} : \sqrt{p}$.

2) Bey gleich gespannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt wie ihre Längen.

Wenn P = p und D = d, so ist $N : n = l : L$.

3) Bey gleich langen und gleich gespannten Saiten, die ungleich dick sind, verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt, wie ihre Durchmesser. — Eine Saite von ungleicher Dicke giebt falsche oder vermischte Töne an.

Wenn L = l und P = p, so ist $N : n = d : D$.

§. 461. Es ist also bey Saiten von einerley Materie und gleicher Dicke die Anzahl ihrer Schwingungen oder ihre Tonhöhe in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden des Quadrats der spannenden Gewichte und dem umgekehrten der Längen derselben.

Es ist $N : n = \frac{\sqrt{P}}{L} : \frac{\sqrt{p}}{l}$.

Das Monochord und Tetrachord.

§. 462. Ein Paar Saiten haben den **Einklang**, wenn sie gleich viel Schwingungen in einerley Zeit machen. Wenn aber die eine Saite bey gleicher Dicke

cke und Spannung nur halb so lang ist, als die andere, oder noch einmal so viel Schwingungen macht, so giebt sie der Erfahrung zufolge die **Oberoctave des Grundtons** an, den die andere Saite angiebt. Wenn ihre längen sich verhalten wie 2 : 3, oder wenn die kürzere $\frac{2}{3}$ der länge der andern hat, und sie also drey Schwingungen in einerley Zeit gegen zwey Schwingungen derselben macht, so giebt diese kürzere die **Quinte** der längern an; sie ist die **Quarte** des Grundtons, wenn sie $\frac{3}{4}$ der länge derjenigen Saite hat, welche diesen angiebt; die **große Terze**, wenn ihre länge $\frac{4}{5}$; die **kleine Terze**, wenn sie $\frac{5}{6}$; die **große Sexte**, wenn sie $\frac{3}{5}$; die **kleine Sexte**, wenn sie $\frac{5}{8}$; die **Oberduodecime**, oder die **Oberoctave der Quinte**, wenn sie $\frac{1}{3}$; die **Oberduodecime-Septime**, oder die **doppelte Octave der großen Terze**, wenn sie $\frac{1}{5}$ von der länge derjenigen Saite ist, welche den Grundton angiebt. Es läßt sich nach dem Angeführten leicht angeben, wie die Spannungen der Saiten seyn müssen, wenn sie gleich lang und dick sind und die angeführten Töne angeben sollen; oder auch, wenn sie gleich gespannt und gleich lang sind, wie ihre Dicke seyn müsse, wenn sie diese Töne angeben sollen.

Die Lehre von der Tonleiter und der Temperatur gehört nicht in ein Lehrbuch der Physik, so wenig als die Lehre von den Consonanzen und Dissonanzen der Töne. Ich übergehe sie deswegen hier.

§. 463. Es sey eine gespannte Saite AB (Fig. 137.) des Monochords in irgend eine Anzahl gleicher Theile, z. B. in viere, Aa, ab, bc und cB, abgetheilt. Man stelle den Steg in c. Man hänge schmale und leichte

leichte Streifchen Papier neben einander auf die Saite von A bis c und streiche mit einem Violinbogen den Theil cB der Saite an. Es wird nun der Ton gehört, der vermöge des abgekürzten Theils cB der Saite Statt finden muß, und der sich zum Grundtone der Saite verhält, wie AB zu cB, oder wie 4 zu 1. Zu gleicher Zeit werden nun alle Papierstreifchen längs dem Theile AC herabgeworfen, ausgenommen die in a und b hängenden.

§. 464. Dieser Versuch lehrt offenbar: daß es in dem Theile Ac der Saite jenseits des Stegs ebenfalls Schwingung giebt, während cB klingt; daß aber nicht bloß der Punct c der Saite, wo der Steg steht, sondern auch jenseits desselben a und b in Ruhe sind; daß ganze Stellen der Saite zwischen diesen Puncten schwingen, während cB schwingt; und daß die Stellen zwischen den ruhenden Puncten wechselseitig in entgegengesetzten Richtungen schwingen, wie Fig. 138. es anzeigt. Die ruhenden Puncte a, b und c der Saite heißen **Schwingungsknoten**. Der Punct der Saite, welchen der bewegliche Steg berührt, ist nämlich allemal ein Schwingungsknoten.

§. 465. Man nehme, wie Fig. 139., durch Verrückung des Stegs unter der Saite bis c, cB $\frac{2}{5}$ der länge AB, streiche cB an und lasse es klingen; so wird die Höhe des Tons sich zum Grundtone verhalten, wie 5 : 2, oder wie AB zu cB, und es werden drey Schwingungsknoten, nämlich a, b und c, da seyn. Man verrücke ferner den Steg und nehme den an-

zu-

zustreichenden Theil der Saite (Fig. 140.) dB = $\frac{2}{6}$ von der ganzen Länge AB, so wird man nach dem vorigen Verfahren zwey Schwingungsknoten, nämlich b und d, haben, wobey die Tonhöhe des Klanges von dB zum Grundtone der Saite sich verhält, wie 3 zu 1. Man stelle den Steg (Fig. 137.) in b, oder in die Mitte der Saite, und streiche bB oder Ab an, so wird es, außer an der Stelle, wo der Steg ist, keinen Schwingungsknoten weiter geben. Man mache endlich durch Verrückung des Stegs den klingenden Theil der Saite $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$ ihrer Länge, so wird man auch außer der Stelle des Stegs keinen Schwingungsknoten in der Saite weiter antreffen.

§. 466. Um die Anzahl der Schwingungsknoten bey einer durch einen Steg oder sonst durch Berührung abgetheilten Saite zu bestimmen, setze man die ganze Länge der Saite in eine Anzahl gleich großer Theile getheilt, welche L heißt, wovon das ursprünglich klingende Stück der Saite die Anzahl l enthält; man sehe l als den Zähler, und L als den Nenner eines Bruches an; man bringe diesen Bruch $\frac{l}{L}$ auf die kleinste Benennung und ziehe dann l von L ab: so giebt der Rest die Anzahl der Schwingungsknoten. — Daraus folgt denn auch, daß bey verschiedenen Tonhöhen doch einerley Anzahl von Schwingungsknoten da seyn könne, indem die Glieder zweyer Brüche von verschiedenem Werthe einerley Differenz haben können; und daß also nicht jeder Ton seine bestimmte Anzahl Schwingungsknoten habe.

Wenn

Wenn l gegen L sehr klein und die Saite nur kurz ist, so darf man das Resultat der angeführten Versuche (§. 463. 465.) nicht erwarten, weil dann die Schwingungen theils zu schwach, theils die Schwingungsknoten einander zu nahe sind.

Einige Bemerkungen über die Schwingungsknoten bey klingenden Saiten von J. G. Voigt; in Grens neuem Journ. der Physik. B. II. S. 352 ff.

§. 467. Nicht bloß bey klingenden Saiten sind in ihren anscheinend ruhenden Theilen schwingende Stellen und ruhende Puncte; sondern auch bey andern klingenden Körpern, wie bey klingenden Stäben, Ringen, Cylindern, Glocken, Scheiben, sind während ihres Klingens ganze Stellen in entgegengesetzten Schwingungen begriffen, während die Grenzen derselben in Ruhe sind. Das Wesen des Schalles besteht also auch bey ihnen nicht in einem Zittern ihrer kleinsten Theile, sondern in Schwingungsbewegungen ganzer Stellen, die durch ihre Contractilität veranlaßt werden. Herr **Chladni** hat das Verdienst, diese Wahrheit zuerst außer allen Zweifel gesetzt, und ein Mittel erfunden zu haben, diese Schwingungsbewegungen bey klingenden Flächen auch sichtbar zu machen und die ruhenden Stellen durch **Klangfiguren** darzustellen.

Entdeckungen über die Theorie des Klanges von Ernst Florens Friedrich Chladni. Leipzig 1787. 4.

§. 468. Man nehme zu dem Ende eine kreisrunde Scheibe (Fig. 141.) von Fensterglase, die ohne Knoten und Blasen und gleichförmig dick ist, und etwa vier bis acht Zoll im Durchmesser hat; man bestreue sie mit feinkörnigem Sande; man lege sie in ihrem Mittelpuncte auf einen etwas zugespitzten Kork, drücke sie von oben her mit dem Finger an den Kork an,

unter-

unterstütze sie auch noch am Rande in g, oder q, oder t, oder r, und streiche den Rand in n, oder p, oder f, oder m, überhaupt 45 Gr. von der berührten Stelle, mit einem mit Colophonium bestrichenen Violinbogen in senkrechter Richtung unter mäßigem Drucke. Die Scheibe wird einen Klang geben, zugleich aber wird der Sand auf der Scheibe von ihren schwingenden Stellen bewegt werden und sich bey dem anhaltenden Streichen und Klingen der Scheibe an den ruhenden Stellen anhäufen, und so die Figur der Zeichnung erhalten.

§. 469. Man halte ferner die Scheibe in ihrem Mittelpuncte fest und streiche sie etwa 30 Gr. von der gedämpften Stelle des Randes in p, oder r, oder q u. s. w. (Fig. 142.) an; so bildet der Sand die Klangfigur der Zeichnung. — Man fasse die Scheibe (Fig. 143.) bey n in einiger Entfernung vom Rande zwischen den Daumen und Zeigefinger und streiche sie in m; so bildet der Sand den Kreis n. — Man fasse die Scheibe wie vorher und streiche sie in p, (90 Gr. von der gehaltenen Stelle) (Fig. 144.); und es entsteht noch die gerade Linie in der gezeichneten Klangfigur. — Man fasse die Scheibe ferner wie vorher, stemme sie bey g oder p (Fig. 145.) an einen eckigen und nicht allzu harten Körper an und streiche in m, (45 Grad von der Stelle, wo man sie hält;) und es entstehen außer dem Kreise noch zwey gerade sich durchkreuzende Linien. — Man halte die Scheibe nicht in der Mitte, sondern bey p (Fig. 146.), und streiche bey f oder n, oder bey r oder s;

und

und es bildet der Sand die gerade Linie durch die Mitte der Scheibe und drey Bogen. — Man stemme die Scheibe (Fig. 147.) bey e an eine Kante, indem man die Finger in c und d an den Rand derselben setzt, und streiche in f; es bilden sich dann die beyden geraden gegen einander geneigten Linien c und d. — Man drücke eine elliptische Scheibe (Fig. 148.) in der Mitte c auf den Kork an, dämpfe die beyden Puncte des Randes p und q mit den Fingern und streiche in r, wo sich dann die Klangfigur der Zeichnung bildet. — Wenn man die Quadratscheibe (Fig. 149.) in ihrer Mitte auf den Kork drückt und an einer ihrer Ecken streicht, so bildet der Sand zwey sich rechtwinklig durchkreuzende gerade Linien, die von der Mitte des Randes der Scheibe ausgehen; wenn man aber in der Mitte des Randes streicht, so laufen die Linien (Fig. 150.) von den Ecken der Scheibe aus. — Man fasse die Quadratscheibe bey a zwischen den Daumen und Zeigefinger und unterstütze sie auch noch in b, und streiche an der Ecke der Scheibe in c; so entsteht die gezeichnete Klangfigur. — Man halte die Quadratscheibe (Fig. 151.) in o oder q und streiche in p oder n, um die gezeichnete Klangfigur zu erhalten. Wird die Stelle, wo man die Scheibe hält, etwas verändert, oder streicht man an einer der Ecken in c oder o (Fig. 152.), so kann sich der vorige Klang auch durch drey, gekrümmt durch die Scheibe gehende, Linien darstellen.

§. 470. So kann man also dadurch, daß man die Scheibe an andern Stellen hält und unterstützt, und

und an andern Stellen des Randes streicht, sie jedesmal nöthigen, sich anders abzutheilen, und man kann solcher Gestalt mit veränderten Tönen derselben andere Klangfiguren zuwege bringen und eine ungemein große Mannichfaltigkeit derselben erhalten. Nicht immer ist aber jede Abänderung der Klangfigur mit einer bemerkbaren Abänderung des Tons verknüpft.

§. 471. Um eine Klangfigur hervorzubringen, ist es nöthig, die Linien der Fläche, welche als ruhend verlangt werden, durch Unterstützung oder Dämpfung in Ruhe zu bringen und die in Schwingung zu setzenden Stellen in Bewegung zu setzen. Indessen ist es, wie wir gesehen haben (§. 469.), nicht nöthig, jeden Punct der zur Ruhe zu bringenden Linie besonders zu dämpfen und jeden schwingenden Theil besonders in Schwingung zu setzen, sondern man braucht nur einen Punct der Linie, welche ruhen soll, zu dämpfen und eine Stelle am Rande der Scheibe durch Streichen in Schwingung zu setzen, da sich dann diese Bewegung den übrigen zu bewegenden Theilen der Scheibe mittheilt. Durch einige Uebung kann man es leicht dahin bringen, die verlangten Figuren sehr rein und schnell zu erhalten. Die nöthige Dämpfung der Stellen läßt sich bequem durch zugespitzte Korkstöpsel, worauf man die Scheibe legt, anbringen.

Beytrag zu den Versuchen über die Klangfiguren schwingender Flächen, von Joh. Gottfr. Voigt; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 391. ff.

§. 472. Bey den meisten Klangfiguren nehmen gewisse feste Linien mehrentheils schlangenförmige Krüm-

Krümmungen an, deren Anzahl bey jeder Figur bestimmt ist. An solchen neben einander gehenden Linien ist die Lage der Krümmungen fast allemal so beschaffen, daß entweder zwey unmittelbar neben einander befindliche Linien, oder in wenigen Fällen zwey durch eine gerade Linie getrennte schlangenförmige Linien gegenseitig sich einander nähern und von einander entfernen. In jedem Näherungspuncte können sie sich so verbinden, daß sie einander durchkreuzen; es nehmen also in diesem Falle zwey sich nähernde Krümmungen (Fig. 154. und 155.) die Gestalt von Fig. 153. an. Eben so können zwey einander durchschneidende Linien (Fig. 153.) sich in der Mitte so trennen, daß zwey gegen einander stehende Bogen krummer Linien (Fig. 154. und 155.) daraus werden. Manche Figuren werden dadurch so verändert, daß man ohne Uebung ihre eigenthümliche Gestalt daraus nicht würde beurtheilen können. Der Ton ist bey einer abgeänderten Figur derselbige, als wenn diese Figur regelmäßig erscheint. Diese Abänderungen der Figuren kann man oft durch wenige Verrückung der Unterstützungspuncte der Scheibe oder der zu streichenden Stelle des Randes erhalten.

Chladni a. a. O. S. 19. ff.

§. 473. Bey dem Klingen der Scheiben schwingen allezeit zwey Stellen, die durch eine ruhende Linie von einander abgesondert sind, wie z. B. (Fig. 153.) anb und bod, oder (Fig. 149.) ebg und mbg, nach entgegengesetzten Richtungen; oder die Krümmung der einen Stelle befindet sich über ihrer natürlichen Lage, während die andere Stelle unter dieselbe

ge-

gekrümmt ist, und umgekehrt. Zwey Stellen, die in entgegengesetzten Winkeln der sich durchkreuzenden Linien stehen, z. B. anb und cmd (Fig. 153.), oder ehg und fcn (Fig. 149.), oder bcm und nhg (Fig. 150.), schwingen allemal nach der nämlichen Richtung.

Chladni a. a. O. S. 19.

§. 474. Bey den Arten des Klanges der Scheiben, wo sich sternförmige Figuren zeigen, machen nicht die Stellen am Rande die weitesten Schwingungen; sondern der Punct, wo die Schwingungen am weitesten sind, oder der **Mittelpunct der Schwingung**, ist in jedem schwingenden Theile in einiger Entfernung vom Rande, wie in Fig. 141., 144. und 145. diese Stellen durch Puncte bezeichnet sind. Wenn unter dem Rande, dessen man sich zum Bestreuen bedient, ganz feine Staubtheilchen befindlich sind und die Scheibe ganz genau horizontal gehalten wird, so werden diese Puncte sichtbar, indem sich der feinste Staub hier anhäuft.

Chladni a. a. O. S. 30. f.

§. 475. Bey dem Klingen der Glocken schwingen ebenfalls ganze Stellen, während Linien zwischen denselben in Ruhe sind. Man kann dies leicht an einem zum Theile mit Wasser gefüllten, dünnen, Trinkglase, porzellänenen Spülnapfe, einer Tasse, u. dergl. zeigen. Man halte das Glas etwas über dem Boden mit dem Daumen und einem andern Finger, und streiche den Rand des Glases 45 Grad von der gehaltenen Stelle mit dem Violinbogen, so geräth das Wasser im Glase in eine Bewegung von vier schwingenden Theilen des Glases, und diese Bewegung zeigt

sich

sich sehr auffallend so, daß das Wasser als feiner Staub umherspritzt. Wenn man das Glas hingegen bey 60 Grad von der berührten Stelle streicht, so werden sich bey verändertem und höherm Tone sechs schwingende Stellen der Wand zeigen und das Wasser bewegen.

§. 476. Die Geschwindigkeit, mit der sich die schwingenden Bewegungen in den angrenzenden Theilen der zuerst und ursprünglich in Bewegung gesetzten Stelle durch die Masse eines contractilen Körpers fortpflanzen, ist bewundernswürdig groß, und überhaupt ist diese Geschwindigkeit der Fortpflanzung der zum Schalle erforderlichen Bewegung durch sich genau berührende oder zusammenhängende contractile Körper noch nicht ermessen. Die Fortpflanzung scheint zwar durch eine sehr lange Reihe solcher Körper für uns momentan zu seyn, daraus folgt aber noch nicht, daß die Geschwindigkeit dabey so groß sey, als die des Lichts.

Hieraus erklärt sich auch die Resonanz.

Aus dieser, zwar an sich successiven, für uns aber momentan erscheinenden, Fortpflanzung läßt sich erklären, warum die massiven Wände eines hohen Gebäudes bis zum höchsten Stocke erschüttert zu werden scheinen, wenn ein Wagen auf dem Pflaster der Straße vor dem Gebäude rasselt. Hier scheint in der That die Wirkung größer, als die Ursach; sie würde es wirklich seyn, wenn die Erschütterung durch die ganze Masse momentan, und nicht successiv erfolgte.

Chr. Ernst Wünsch Nachricht von einem Versuche, welcher lehret, dass der Schall durch feste elastische Körper unendlich geschwind, oder doch eben so geschwind als das Licht, sich bewegt; in der *Sammlung der deutschen Abhandl., welche in der k. Akad. d. W. zu Berlin vorgelesen worden.* Berl. 1793. 4. S. 187. ff.

§. 477. Zur Erklärung der Fortpflanzung des Schalles von einem schallenden Körper durch die Luft,

als

als dem gewöhnlichsten Fortpflanzungsmittel, muß man auch annehmen, daß durch die Schwingungen des erstern die umgebenden Lufttheilchen, und durch diese die benachbarten Lufttheilchen abwechselnd zusammengedrückt werden und sich wieder ausdehnen. Diesemnach ist die zur Fortpflanzung des Schalles dienende Bewegung der Luft eine wellenförmige, und keinesweges eine fortschreitende. Der Schall pflanzt sich von dem klingenden oder schallenden Körper, wie von dem Mittelpuncte einer Kugel nach der Fläche derselben, in der Luft fort, und zwar nach der Stärke und Beschaffenheit desselbigen zu einer größern oder geringern Weite, die bey der gehörigen Stärke des Schalles, nach der Lage des Orts, sehr beträchtlich seyn kann. Die weiteste Entfernung desselben kann man aber wegen der Menge der nicht zu bestimmenden Umstände nicht angeben. Man kann sich die Fortpflanzung des Schalles in der Luft als Schallstrahlen (Radii sonori) vorstellen, wenn man nur dabey nicht glaubt, daß wirkliche Ausflüsse einer schall-machenden Materie Statt fänden.

§. 478. Der Schall pflanzt sich in der Luft eben so leicht nach oben, als nach unten und nach der Seite zu fort, vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit der Luft, nach den verschiedenen Richtungen zu, sich nicht merklich ändert. In verdünnter Luft nimmt nicht nur die Stärke des Schalles ab, sondern auch die Geschwindigkeit.

§. 479. Aus der angeführten Ausbreitung des Schalles in der Luft folgt, daß die Stärke desselben abneh-

abnehmen müsse, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

§. 480. Die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft geschieht bey weitem nicht mit der Geschwindigkeit, als durch contractile feste Körper (§. 476.), und es verfließt eine merkliche Zeit, ehe der Schall durch eine lange Strecke von Luft sich fortgepflanzt hat. Da die Geschwindigkeit der Bewegung des Lichtes so außerordentlich groß ist, daß die Zeit, die es zum Durchlaufen eines Raumes auf der Erde braucht, für nichts zu rechnen ist, so hat man sich des mit einem Schalle ausbrechenden Feuers, wie des Abfeuerns der Gewehre und des Geschützes zur Nachtzeit, bedient, um daraus die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der Luft, in bestimmter Entfernung zu messen. Die Resultate der Erfahrungen hierüber weichen freylich sehr von einander ab, wie sich auch aus der veränderlichen Beschaffenheit der Luft kaum anders erwarten läßt. Die von **Cassini**, **Maraldi** und **de la Caille** angestellten scheinen doch die genauesten und sichersten zu seyn, und zu Folge derselben durchläuft der Schall in Einer Secunde einen Raum von 173 Toisen oder 1038 paris. Fuß.

Mémoires de l'acad. roy. des sc. de Paris, 1738. u. 1739. Gehlers phys. Wörterb. Th. III. S. 809.

Diese Geschwindigkeit des Schalles kann auch dazu dienen, um die Entfernung eines Orts, eines Gewitters, eines Schiffes, u. dergl., wenigstens einiger Maßen, aus der Zeit, die zwischen dem Wahrnehmen des Schalles und des gleichzeitig ausbrechenden Lichtes verfließt, zu beurtheilen.

§. 481. Die Bewegung des Schalles ist anscheinend gleichförmig, oder er durchläuft in gleichen Zeiten gleiche Räume. Die Stärke des Schalles mag

beschaffen seyn, wie sie will, so ist die Geschwindigkeit desselben einerley; und alle Gattungen des Schalles haben einerley Geschwindigkeit.

Experimenta et obſervationes de ſoni motu aliisque ad id attinentibus, factae a *D. W. Derhamo*, in den *philoſ. transact.* No. 313. S. 3. ff.

§. 482. Alles, was die Elasticität der Luft ändert, bringt auch Veränderungen in der Geschwindigkeit des Schalles zuwege, als: Wärme und Kälte, Verdichtung und Verdünnung der Luft. Wenn der Wind nach einer Richtung bläst, die auf der Richtung des Schalles senkrecht ist, so ändert er nichts in der Geschwindigkeit des Schalles. Sonst aber vermehrt oder vermindert er dieselbe, je nachdem er mit dem Schalle in einerley oder in entgegengesetzter Richtung geht, und zwar um seine eigene Geschwindigkeit.

§. 483. Der Schall wird von harten Körpern nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper zurückgeworfen. Darauf beruhet die Einrichtung der **Sprachgewölbe.** Wenn durch diese Reflexion die Zerstreuung des Schalles in die Runde verhindert und die Divergenz der Schallstrahlen dadurch in eine parallele Richtung verändert wird, so muß auch der Schall seine Stärke behalten, die er sonst verlieren würde. Darauf gründet sich das **Sprachrohr**. Man ist häufig bemüht gewesen, ihm die schicklichste Figur zu geben; Hr. **Lambert** aber hat bewiesen, daß die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch eben so gut sey, als jede andere. Sehr klingende Materien, oder solche, die eine starke Resonanz bewirken, können zwar bey der Anwendung zu Sprach-

röhren

röhren die Stärke des Schalles vermehren, aber sie vermindern auch wieder auf der andern Seite die Deutlichkeit articulirter Töne.

Athanasii Kircheri neue Hall- und Tonkunst, a. d. L. Nördlingen 1684 Fol.

Sur quelques instrumens acoustiques, par Mr. *Lambert*; in den *Mém. de l'ac. roy. des sc. de Prusse.* 1763. S. 87.

J. H. Lamberts Abhandlung über einige akustische Instrumente. A. d. Franz. nebst Zusätzen über das so genannte Horn Alexanders des Großen, über Erfahrungen mit einem elliptischen Sprachrohre und über die Anwendung der Sprachröhre zur Telegraphie, von Gottfr. Huth. Berlin 1796. 8.

§. 484. Wenn der Schallstrahl bey seinem Fortgange in der Luft senkrecht auf einen harten Körper stößt, so wird er auf diesen Körper mit seiner ganzen Gewalt wirken und nach den Gesetzen der Reflexion von demselben wieder in eben der Richtung und mit eben der Geschwindigkeit zurückgeworfen werden. Ein Ohr also, das ganz nahe bey dem Orte des entstehenden Schalles ist, hört nicht allein diesen **Urschall**, sondern auch den **Wiederschall** oder das **Echo**. Wenn aber dieser reflectirte Schall zu geschwind auf den erstern folgt, so wird er undeutlich und kann von jenem nicht unterschieden werden. Die Erfahrung lehrt, daß zwey Schalle noch deutlich sind und unterschieden werden können, wenn sie in dem neunten Theile einer Secunde auf einander folgen. Wenn daher ein Echo eines Schalles deutlich gehört werden soll, so muß die den Schall reflectirende Ebene so weit vom Urschalle entfernt seyn, daß wenigstens der neunte Theil einer Secunde vergeht, ehe der Schall hin- und zurückgeht, oder, welches einerley ist, daß $\frac{1}{18}$ einer Secunde vergeht, ehe der Schall an die reflectirende

Ebene anstößt. Wenn wir annehmen, daß der Schall in einer Secunde 1038 parisische Fuß durchläuft (§. 480.), so muß die Ebene wenigstens $\frac{1038}{18}$ oder $57\frac{2}{3}$ Fuß vom Urschalle entfernt seyn, wenn das Echo deutlich gehört werden soll. In dieser Entfernung kann es aber nur einen einzelnen Schall oder eine einzelne Sylbe deutlich wiederhallen, und heißt daher ein **einsylbiges Echo**. Es kommt bey dem Aussprechen eines mehrsylbigen Wortes schon der Schall der ersten Sylben zurück, ehe das ganze Wort ausgesprochen ist, und man hört daher nur die letzte Sylbe allein deutlich nachhallen.

§. 485. Wenn die den Schall reflectirende Ebene 519 parisische Fuß vom Urschalle entfernt ist, so vergeht eine Secunde Zeit, ehe das Echo wieder an den Ort des Urschalles zurückkommt, und in dieser Entfernung kann es schon vielsylbige Worte wiederholen. Das **Echo** heißt alsdann ein **vielsylbiges**. Wenn mehrere zurückwerfende Körper in Entfernung neben einander liegen, so daß der Schall von einem zum andern, und von jedem wieder an den Ort des Urschalles reflectirt wird, so entsteht ein **vielfaches Echo**, das eine Sylbe mehreremal wiederholt, weil der Schall von der fernern reflectirenden Ebene später ins Ohr zurückkommt, als von der nähern, wenn anders nur der ursprüngliche Schall stark genug war.

Nachrichten von verschiedenen merkwürdigen Arten des Echo sehe man in Kirchers oben (§. 483.) angef. Schrift, und in Gehlers phys. Wörterb. Th. I. Art. Echo.

Zwey=

Zweyter Theil.
Besondere Naturlehre.

Digitized by Google

§. 486.

Wir untersuchen in der besondern Naturlehre (§. 28.) die Natur der einzelnen einfachern Stoffe (§. 118.), die einen Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmungen ausmachen, indem wir die Wirkungen, welche sie auf einander ausüben, und die Zusammensetzungen, welche sie bilden, erforschen.

Erstes Hauptstück.

Wärmestoff.

§. 487. Die objective Ursach der Empfindung, die jedermann unter dem Namen der Wärme oder **Hitze** (Calor) kennt, nennen wir **Wärmestoff** (Caloricum, *Calorique*).

§. 488. Nur dem Gemeingefühle, und keinem andern Sinne, können wir diese Substanz darstellen. Aber es berechtigt dies eben so gut zu dem Schlusse auf die objective Realität eines Wärmestoffes, als die Darstellbarkeit für andere Sinne bey andern Substanzen.

§. 489. Wenn wir auf die Körper Acht geben, die wir in den Zustand bringen, daß sie in uns die Empfindung der Erwärmung oder Erhitzung zuwege bringen, so finden wir, daß sie in einen größern Raum ausgedehnt werden, und diese Zunahme des

Inbe-

Digitized by Google

Inbegriffs der Körper, so wohl der flüssigen als der festen, in der Wärme oder Hitze (Rarefactio), ist eine ganz allgemeine Wirkung des Stoffes der Wärme.

Bestätigung durch Versuche: Eine mit Luft zum Theile gefüllte schlaffe Blase schwellt über einem Kohlfeuer auf; hohle Glaskugeln, die im kalten Branntweine schwimmen, sinken im erwärmten; Weingeist, Quecksilber, steigt in gläsernen Röhren höher, wenn diese erwärmt werden; Wachskugeln sinken im heißen Wasser unter, da sie im kalten Wasser schwimmen; eine eiserne Stange geht nach dem Glühendwerden nicht mehr durch einen Ring, durch den sie in der Kälte geht; ein Eisendraht verlängert sich beym Glühendwerden.

§. 490. Man bedient sich daher dieser Veränderung des Volums gewisser Substanzen selbst als Maaßstab zur Bestimmung der Ab- und Zunahme der Quantität oder Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursach.

Thermometer.

§. 491. Ein Werkzeug, welches uns Aenderungen der Wärme bemerklich macht und uns versichert, daß ein gewisser Grad der Wärme, dem das Werkzeug jetzt ausgesetzt ist, derselbige sey, oder nicht sey, dem es ein andermal ausgesetzt war, heißt ein **Thermometer, Thermoskop** oder **Wärmemesser.**

§. 492. Den Maaßstab zur Bestimmung der Aenderung der Wärme giebt bey den Thermometern die Aenderung des Volums der Substanzen, nämlich die Vermehrung oder Verminderung desselben bey der Zunahme oder Abnahme der freyen Wärmetheilchen. Man wählt dazu solche Stoffe, die von den Verände-

rungen

rungen des Wärmezustandes leicht afficirt, und bemerkbar genug durch geringe Zunahmen der Wärme ausgedehnt werden; dergleichen sind tropfbare und elastisch-flüssige Körper. Um die Aenderungen des Volums desto besser bemerkbar zu machen, schließt man dergleichen Flüssigkeiten in enge gläserne Röhren mit Kugeln ein, damit man durch den Stand in der Röhre die Aenderungen des Volums, die auf die Aenderungen der Wärme schließen lassen, wahrnehmen könne.

§. 493. Die gewöhnlichsten Flüssigkeiten, deren man sich zum Füllen der Thermometer bedient, oder eigentlicher, durch deren Ausdehnung und Zusammenziehung man auf die verhältnißmäßige Zunahme und Abnahme des Wärmestoffes schließt, sind **Luft, Weingeist** und **Quecksilber**. Die Thermometer erhalten darnach den Namen der **Luftthermometer, Weingeistthermometer, Quecksilberthermometer**. Die Luftthermometer sind die empfindlichsten, und die Luft wird durch gleiche Quantitäten des Wärmestoffes stärker expandirt, als ein gleiches Volum einer tropfbaren Flüssigkeit. Das Quecksilber hat entschiedene Vorzüge vor andern tropfbaren Flüssigkeiten, dadurch: daß es leicht von einer gleichförmigen Reinigkeit erhalten werden kann; daß es gegen Aenderungen der Wärme sehr empfindlich ist; daß es starke Grade der Hitze verträgt, ehe es kocht; und eine beträchtlich große Verminderung der Wärme dazu gehört, ehe es gefriert. Diese Eigenschaften hat der Weingeist nicht alle; denn wenn er gleich noch später gefriert, als Quecksilber, und sich noch stärker ausdehnt, so kocht er doch weit früher,

als

als Wasser, und verwandelt sich leicht in Dunst. So bald sich aber tropfbare Flüssigkeiten durch Hitze in Dämpfe, oder durch Gefrieren in feste Substanzen verwandeln, so messen sie ganz andere Grade der Ausdehnung, als vorher, und die vorige Scale fortgesetzt dient dann keinesweges mehr für dieselben.

de Luc oben (S. 17. No. 8.) angef. Werk § 410. a. u. ff. §. 422. a. ff. Luz vollständige Anweisung, die Thermometer zu verfertigen, Nürnb. 1781. gr. 8. Ebendesselben vollständige Beschreibung von allen Barometern, nebst einem Anhange, seine Thermometer betreffend, Nürnberg und Leipzig 1784. gr. 8.

§. 494. Alle unsere Thermometer zeigen indessen keinesweges die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes an, sondern nur, ob die Quantität größer oder geringer sey, als zu einer andern Zeit der Beobachtung. Dessen ungeachtet ist das Thermometer, so wie es ist, doch ein überaus wichtiges Werkzeug für den Naturforscher.

§. 495. **Cornelius Drebbel** von Alkmar in Nordholland wird gewöhnlich für den Erfinder des Thermometers, beym Anfange des vorigen Jahrhunderts, angegeben. Sein Thermometer war ein **Luftthermometer** und bestand aus einer gläsernen Röhre, die oben mit einer Kugel geschlossen, bis zu einer gewissen Höhe mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt und mit ihrer untern Oeffnung in ein Behältniß, das eben diese Flüssigkeit enthielt, gestellt war. Die Luft trieb nun bey ihrer Ausdehnung durch Wärme die Flüssigkeit in der Röhre herunter, oder diese stieg hinauf, wenn sich die Luft durch Kälte zusammenzog.

Um

Um das Werkzeug tragbarer zu machen, kann die Röhre Afg (Fig. 125.) unten bey g wieder gekrümmt werden und in die offene Kugel G auslaufen. Gesetzt, die Flüssigkeit stehe in der Röhre bis f und in der Kugel zur Seite bis G, so wird die Luft zwischen f bis A durch die Ausdehnung bey der Erwärmung die Flüssigkeit herabdrücken; bey der Verminderung der Wärme wird die Luft zwischen f und A sich zusammenziehen und der Druck der Atmosphäre auf die Fläche der Flüssigkeit in G diese hinauftreiben. Oder es kann noch bequemer die oben bey g offene Glasröhre (Fig. 126.), die unten in die Höhe gekrümmt und hier mit einer Kugel A geschlossen ist, mit der gefärbten Flüssigkeit so gefüllt werden, daß ein Theil der Kugel A noch Luft enthält. Durch die Zunahme der Wärme wird die Luft in der Kugel A sich ausdehnen und die Flüssigkeit über f in die Höhe treiben; durch die Verminderung der Wärme wird die Luft in A sich zusammenziehen und die Flüssigkeit wird von f herabgedrückt werden. Dieses **drebbelische Luftthermometer** hat aber den beträchtlichen Fehler, daß die äußere Luft zugleich darauf wirkt und daß nach Verschiedenheit des Druckes derselbigen die Flüssigkeit in der Röhre verschiedentlich hoch stehen kann, bey einerley Grad der Wärme. Wegen der großen Empfindlichkeit ist diese Einrichtung indessen doch immer sehr vortheilhaft zu nützen, um momentane und schnell vorübergehende Aenderungen der Wärme dadurch zu erforschen.

§. 496.

§. 496. Wenn man an dem Luftthermometer die Wirkungen des Druckes der äußern Luft von denen des Wärmestoffes gehörig zu unterscheiden, oder auch jene ganz auszuschließen, im Stande ist, so kann es die Erfordernisse eines Thermometers (§. 491.) erfüllen und zu einem sehr vollkommenen Werkzeuge werden. Die erstere Einrichtung hat **Amontons**, die zweyte **Bernoulli's Luftthermometer**, bey welchen der Fehler des drebbelischen Thermometers völlig gehoben ist.

§. 497. Das **amontonsche Luftthermometer** (§. 496.) besteht aus einer langen, engen, gleich weiten, gläsernen Röhre (Fig. 132.), die bey a offen und unten gekrümmt ist und sich hier in eine Kugel b endigt, die einen sehr großen Durchmesser gegen die Röhre haben muß, damit durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Röhre das Niveau des Quecksilbers in der Kugel sich nicht merklich ändere. In der Kugel ist Luft über dem Quecksilber eingeschlossen, und dieses steht auch noch in der Röhre über dem Niveau des Quecksilbers in der Kugel, und zwar auch beym niedrigsten Grade der Wärme, die man durchs Werkzeug mißt. Es ist aus der Lehre von dem Drucke und der Elasticität der expansibelen Flüssigkeiten (§. 405.) bekannt, daß die Luft in der Kugel b nicht nur den Druck der Quecksilbersäule gf, sondern auch den Druck der Atmosphäre, den der jedesmalige Barometerstand anzeigt, zu tragen habe. Wenn man also zu der Höhe der Quecksilbersäule über dem Niveau bf die jedesmalige Barometerhöhe

addirt,

addirt, so hat man die Höhe einer Quecksilbersäule, wie sie bey der jedesmaligen Wärme der Luft in der Kugel von derselben getragen werden kann.

* *Amontons*, in den *Mém. de l'ac. roy. des sc.* 1702. S. 160. ff. Lamberts Pyrometrie. Th. II. Hauptst. 3.

§. 498. Es ist übrigens ein, ohne allen Grund, von mehrern Physikern, seit **Bernoulli**, angenommener Satz: daß die Ausdehnungen der Luft, bey gleichem Drucke, in der Wärme, oder ihre absolute Elasticität bey unveränderter Dichtigkeit derselben, den Quantitäten des Wärmestoffes proportional wären, und daß z. B. doppelt so starke Elasticität der eingeschlossenen Luft, bey gleich bleibender Dichtigkeit, doppelt so viel Quantität der sie afficirenden Wärmetheilchen voraussetze. Das amontonsche Luftthermometer giebt so wenig, wie irgend ein anderes Thermometer (§. 494.), die wirklichen Verhältnisse des Wärmestoffes an. Jede Luft- oder Gasart dehnt sich, bey gleichem Grade der Zusammendrückung, durch gleiche Zunahme der Intensität des Wärmestoffes anders aus; warum sollte nun gerade allein die atmosphärische Luft in ihren Zunahmen der Ausdehnung proportional gehen mit den Quantitäten der Wärmetheilchen, die sie afficiren?

§. 499. Das **bernoulli'sche Luftthermometer** (§. 496.) erhält man, wenn man die Kugel eines Kapselbarometers (§. 396.) zuschmelzt. Es ist nun das Quecksilber in der Kugel nicht mehr dem Wechsel des Druckes der äußern Luft ausgesetzt. Sonst hat dieses Werkzeug die Unbequemlichkeit, daß die Röhre

davon

davon sehr lang, und weit länger, als bey einem gewöhnlichen Barometer seyn muß, weil sonst das Aufsteigen des Quecksilbers bey verstärkten Graden der Wärme die ganze Röhre ausfüllen würde. Uebrigens muß die Röhre gegen die Kugel enge genug seyn, damit durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der erstern sich das Niveau in der letztern nicht merklich ändere.

§. 500. Die florentiner Akademie bediente sich zuerst einer tropfbaren Flüssigkeit zur thermoskopischen Substanz. Ihr Thermometer besteht in einer oben verschlossenen gläsernen Röhre mit einer unten befindlichen Kugel, worin gefärbter Weingeist eingeschlossen ist. Man bemerkte an der Röhre einen Punct, wobey die Flüssigkeit in einer gemäßigten Temperatur steht, z. B. in einem tiefen Keller, und brachte nun an der Röhre über und unter diesem Puncte eine willkührliche Eintheilung in Grade an, so daß man jenen Punct mit 0 bezeichnete und die Grade des Thermometers auf- und abwärts zählte. Da aber bey diesem florentinischen Thermometer jener Punct nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, und die Grade über und unter demselben nur willkührlich aufgetragen werden können, so sieht man leicht die Unbrauchbarkeit desselben, um bestimmte Grade der Wärme und Kälte darnach zu messen, und die Untauglichkeit der Methode, um darnach vergleichbare Thermometer zu machen.

Tentamina experimentorum naturalium captorum in acad. del Cimento, edit. a *Muschenbroek*, S. 2. ff.

§. 501.

§. 501. **Fahrenheit** machte sich daher um die Verbesserung der Thermometer dadurch sehr verdient, daß er zwey ziemlich feste Puncte daran bestimmte und den Abstand derselben von einander in eine bestimmte Anzahl Theile oder Grade eintheilte; so wie auch dadurch, daß er sich, nach Halley's Rathe, nachher des Quecksilbers zum Füllen der Thermometerröhren bediente. Die Entfernung zweyer solcher festen Puncte an dem Thermometer nennt man den **Fundamentalabstand**. Fahrenheit nahm zum **untern Puncte** die Temperatur, welche ein Gemisch aus gleichen Theilen Schnee und Salmiak hat, oder den **künstlichen Frostpunct** (Punctum congelationis artificialis), und zum **obern Puncte** die Hitze des siedenden Wassers, den **Siedepunct** (Punctum ebullitionis). Er setzte bey jenem 0 und theilte diesen Fundamentalabstand in 212 gleiche Theile, so daß also diese Zahl für den Grad des kochenden Wassers war. Auch unter 0 trug er noch eben so große Grade, als oberhalb waren. Für die Hitze des kochenden Quecksilbers kommen 600 seiner Grade. Gewöhnlich macht man aber die Scale dieser Thermometer nur bis an den Siedepunct des Wassers.

Herm. Boerhaave elementa chemiae. Lipſ. 1732. 8. T. I. S. 146. ff.

§. 502. Herr von **Reaumur** nahm dagegen zum untern Puncte an der Scale des Thermometers den bequemern **natürlichen Frostpunct** (Punctum regelationis), oder die Temperatur des schmelzenden Schnees und Eises an, füllte das Thermometer mit Wein-

Weingeist, der, um die Hitze des kochenden Wassers auszuhalten, mit Wasser verdünnt war, und theilte den Fundamentalabstand von jenem Puncte bis zum Siedepuncte in achtzig gleiche Theile, (weil er gefunden hatte, daß sein Weingeist sich um 0,080 seines Volums, das er beym natürlichen Frostpuncte hatte, ausdehnte,) und setzte also 0 bey diesem Frostpuncte, 80 beym Siedepuncte. Unter 0 wurden ebenfalls so große Grade an der Scale aufgetragen, als nach oben zu. Der natürliche Frostpunct, oder das Reaumurische 0, ist bey Fahrenheit 32 Grad.

Règle pour construire des thermomètres, dont les dégrés soient comparables, par M. *Reaumur*, in den *Mémoires de l' acad. royale des sc.* 1730. S. 452. ff. Second mémoire; ebendas. 1731. S. 250. ff.

§. 503. Man hat in der Folge Reaumurs Scale auch für die Quecksilberthermometer angewendet. Sie trifft aber nicht mit der Graduirung des wahren Reaumurischen Thermometers überein, und dieses zeigt daher mit einem Quecksilberthermometer, das die Reaumurische Scale hat, in einerley Wärme nicht einerley Grade; und wenn man sich der Reaumurischen Scale bedient, so müßte man auch immer bestimmen, ob man bey derselben ein Quecksilber- oder ein Weingeistthermometer gebraucht habe.

de Luc a. a. O. §. 440. a. ff.

§. 504. Man hat nachher noch mehrere Eintheilungen des Fundamentalabstandes oder Scalen eingeführt, aber wirklich ohne Noth die Thermometersprache dadurch unbequemer gemacht. **De Lisle** setzte beym Siedepuncte des Wassers 0, und beym natür-

natürlichen Gefrierpuncte 150, weil das Volumen des Quecksilbers in der Temperatur des letztern um 0,0150 geringer sey, als in der des erstern. **Celsius** hingegen theilte den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpuncte bis zum Siedepuncte in hundert gleiche Theile, und setzte bey jenem 0, bey diesem 100. Diese Scale heißt auch die **schwedische**.

§. 505. Die Hauptsache bey der Graduirung der Scale der Thermometer ist die Bestimmung zweyer, hinlänglich unterschiedener, unveränderlicher Puncte, oder des Fundamentalabstandes, die, wenn sie immer wiedergefunden werden können und ihr Abstand hernach in gleich große Theile eingetheilt wird, uns in den Stand setzen, harmonirende Thermometer zu machen. Man ist jetzt allgemein übereingekommen, die Temperatur des schmelzenden Schnees, oder den natürlichen Gefrierpunct, und die Temperatur des siedenden Wassers für die beyden festen Puncte der Thermometerscale anzunehmen, deren Abstand man in 180 Theile, wenn man Fahrenheits Scale, oder in 80 Theile, wenn man Reaumurs Scale, oder in 100 Theile theilt, wenn man Celsius Scale haben will. Um Delisle's Scale zu erhalten, theilt man diesen Fundamentalabstand in 150 Theile, und zählt von oben herab. Dies alles gilt nur vom Quecksilberthermometer.

~~Die~~ Fahrenheitische, Reaumurische und Celsiussische Scale lassen sich leicht unter einander vergleichen, wenn man weiß, daß 180 F., 80 R. und 100 C. Grade einander gleich sind, nur muß es bey der Reaumurischen Scale dann ein Quecksilberthermometer seyn. Es sind demnach 18° F. = 8° R. = 10° C.; 9° F. = 4° R. = 5° C.; und also:

1 Gr. R. = $2\frac{1}{4}$ F. = $1\frac{1}{4}$ C.
1 Gr. F. = $\frac{4}{9}$ R. = $\frac{5}{9}$ C.
1 Gr. C. = $1\frac{4}{5}$ F. = $\frac{4}{5}$ R.

Wenn man aber Reaumurische und Celsiussische Grade auf Fahrenheitische, oder umgekehrt diese auf jene, reduciren will, so muß man nicht vergessen, daß Fahrenheit noch 32 seiner Grade unter dem Reaumurischen oder Celsiussischen 0 zählt. Um Delislische Grade in Fahrenheitische zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl von 150 ab, weil Delisle von oben herunter zählt, multiplicirt den Rest mit 6, dividirt das Product durch 5, (weil 180° F. mit 150 des Delisle, oder 6 mit 5 übereinkommen;) zu dem Quotienten addirt man noch 32, weil Fahrenheit diese noch unter dem natürlichen Frostpuncte hat. Um Delislische Grade in Reaumurische zu verwandeln, so zieht man die gegebene Anzahl Grade von 150 ab, multiplicirt den Rest mit 8 und dividirt das Product durch 15, weil 80° R. mit 150° Delisl. oder 8 mit 15 übereinkommen; und um die Delislischen Grade auf Celsiussische zu bringen, so verfährt man eben so, multiplicirt den Rest mit 2 und dividirt das Product durch 3, weil 100° C. mit 150° Delisl. oder 2 mit 3 übereinkommen.

Umgekehrt, um Fahrenheitische, Reaumurische oder Celsiussische Grade in Delislische zu verwandeln, so zieht man die gegebene Anzahl der erstern von 212, der andern von 80, der dritten von 150 ab; multiplicirt den Rest der erstern mit 5, der andern mit 15, der dritten mit 3; und dividirt das Product der erstern mit 6, der andern mit 8, der dritten mit 2, so giebt der Quotient die Delislischen Grade an.

Allgemeine Formeln zur Vergleichung der Thermometergrade verschiedener Scalen hat Hr Hindenburg gegeben. (*Carol. Frider. Hindenburg* Pr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae. Lipf. 1791. 4.).

Bequem sind die Vergleichungsthermometer (Thermomètres de comparaison), wo man die angeführten verschiedenen Scalen zugleich aufträgt.

van Swinden Diss. sur la comparaison des thermomètres. à Amsterd. 1778. 8.

§. 506. Da die Hitze des kochenden Wassers nur bey einerley Druck der Atmosphäre unveränderlich ist, und das Wasser bey größerm Drucke der Atmosphäre eine größere, bey geringerm eine geringere Hitze zum Sieden erfordert, so sieht man leicht, daß der Siedepunct nicht unveränderlich ist. Daher ist es zur genauen Bestimmung des Fundamentalabstan-

des

des nöthig, den Siedepunct entweder nur bey einer bestimmten Normal-Barometerhöhe zu suchen oder ihn bey einer andern Barometerhöhe darnach zu berichtigen. Die von der königlichen Societät zu London zur Berichtigung dieses Gegenstandes niedergesetzten Commissarien, **Cavendish, de Luc, Maskelyne** und **Horsley**, rathen an, den Siedepunct am Thermometer entweder bloß im Dampfe des siedenden Wassers zu bestimmen, das in einem verschlossenen Gefäße kocht, in welchem die Dämpfe sich selbst den Ausgang verschaffen können, doch so, daß das siedende Wasser selbst die Thermometerkugel nicht berührt; oder die Kugel des Thermometers in das kochende Wasser selbst zwey bis drey Zoll tief einzusenken. Zur Normalhöhe des Barometers bestimmen sie für die erstere Methode 29,8 engl. Zoll, die 27 Z. 11,538 l. = 335,538 lin. paris. gleich sind; für die zweyte aber 29,5 engl. Zoll, die mit 27 Z. 8,16 l. oder 332,16 linien paris. übereinkommen. Da nun genaue Versuche lehren, daß eine Aenderung des Barometerstandes von $29\frac{1}{2}$ bis $30\frac{1}{2}$ Zoll engl. (332,16 lin. bis 343,42 l. paris.) eine Aenderung des Siedepunctes von 80,54 Gr. auf 81,25 Gr. Reaum. machte, oder, daß um Einen Zoll (engl.) Zunahme des Barometerstandes der Siedepunct um 0,71 Gr. Reaum. = 1,59 Gr. Fahrenh. höher zu liegen kommt; da folglich jede Aenderung des Barometerstandes um 0,114 Z. engl. = 1,283 linien paris. eine Aenderung des Siedepunctes von 0,114 . 1,59 = 0,181 Gr. Fahr., d. i., eine Aenderung um $\frac{1}{1000}$ des ganzen Abstandes

 zwischen

zwischen dem Siedepuncte und natürlichen Gefrierpuncte zuwege bringt: so hat man daraus folgende Regel zur Berichtigung des Siedepunctes festgesetzt: Man beobachte zu der Zeit, da man den Siedepunct am Thermometer bestimmt, die Barometerhöhe, und wenn sie um n. 0,114 Z. engl. (oder n. 1,28 Linien paris.) höher oder niedriger ist, als die Normalhöhe des Barometers seyn muß, so muß man den gefundenen Siedepunct um $\frac{n}{1000}$ seines Abstandes vom Gefrierpuncte tiefer herab oder höher hinauf setzen. — Das Wasser, worin man den Siedepunct bestimmt, muß reines destillirtes oder Regenwasser seyn, indem Salztheile sonst den Siedepunct erhöhen können.

Bericht einer von der königl. Soc. der Wissensch. zu London niedergesetzten Commission, über die beste Methode, die festen Puncte des Thermometers zu bestimmen, a. d. *philos. transact.* Vol. LXVII. P. II. No. 37. übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. I. S. 643. ff. Luz vollständige Beschr. von Barometern, Anh. S. 32. Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 336. ff.

§. 507. Zur Bestimmung des untern Punctes am Fundamentalabstande wählt man die Temperatur des zergehenden reinen Schnees oder reinen Eises, worein man das Thermometer senkt und hinlängliche Zeit darin stehen läßt. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Thermometer in eben gefrierendes Wasser setzt. Der künstliche Frostpunct aus Schnee und Salmiak ist sehr unzuverlässig.

de Luc a. a. O. Th. I. §. 438. c. Luz Anweis., Thermometer zu verfertigen, §. 122.— 129.

§. 508.

§. 508. Thermometer, welche mit der nöthigen Genauigkeit verfertigt und mit einerley Flüssigkeit gefüllt sind, harmoniren mit einander oder zeigen bey gleichen Aenderungen der Wärme oder Kälte einerley Grade an. Wenn man aber auch noch so genau bey ihrer Verfertigung verfährt, so bleiben sie doch noch einigen kleinen, schwerlich abzuhelfenden, Mängeln ausgesetzt, die besonders darin bestehen, daß die Wärme oder Kälte nicht allein die Flüssigkeit des Thermometers ausdehnt oder zusammenzieht, sondern daß auch das Glas der Kugel und Röhre so wie die Scale selbst diese Veränderungen erleidet.

Noch ist hier zu bemerken, daß die Röhre gehörig calibrirt und von einem hinlänglich kleinen Durchmesser des Inwendigen der Röhre und einer schicklichen Länge sey, das Quecksilber gehörig von Luft gereinigt und überhaupt in der möglichsten Reinigkeit angewendet werde.

Thermometer mit kleinern Kugeln sind empfindlicher, als die mit größern. Die Kugel des Thermometers muß zu genauen Beobachtungen das Bret nicht berühren.

Zu den Schriften über die Verfertigung der Thermometer gehört noch außer den oben (§. 493.) angeführten: Strohmeyers Anleitung, übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Götting. 1775. gr. 8.

§. 509. Größere Grade der Hitze, die über den Siedepunct des Quecksilbers gehen, und die wir folglich nicht mehr durch unsere damit gefüllte Thermometer messen können, weil das Quecksilber dann seinen Aggregatzustand der tropfbaren Flüssigkeit ändert und in Dampf verwandelt wird, hat man durch **Pyrometer** zu messen gesucht. Die metallenen sind sehr unvollkommene und unzulängliche Werkzeuge. Es gehören hierher:

1) **Mortimers Metallthermometer.**

A discourse concerning the usefulness of thermometers in chemical experiments — with de description and uses of a metalline thermometer, newly invented by *Cromw. Mortimer*; in den *philos. transact.* Vol. XLIV. 1735. No. 484. *Append.* S. 672. Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 359.

2) Des Grafen von Löser Metallthermometer.

Thermometri metallici ab inventione Comitis *Loeseri* descriptio, auct. *Io. Dan. Titio*. Lips. 1765. 4. Eberhards Naturlehre §. 364.

3) Zeihers Metallthermometer.

Thermometri metallici descriptio, auct. *I. Ern. Zeihero*; in den *nov. comment. petrop.* T. IX. S. 305. ff.

§. 510. Wedgwoods Pyrometer macht allen andern den Vorzug streitig. Es gründet sich auf das Vermögen des Thons, in der Hitze zu schwinden, ohne sich durch plötzliche Erkältung wieder auszudehnen. Auf eine messingene Platte sind messingene Stäbe gelöthet, die etwas schräg gegen einander laufen und so eine allmählig enger werdende Nute bilden, in welche die zum Gebrauche dienenden thönernen Würfel hinein geschoben werden. Um nun den Grad der Hitze eines Ofens zu messen, legt man einen thönernen Würfel hinein und wirft ihn sogleich, nachdem er die Hitze des Ofens angenommen hat, in kaltes Wasser. Der Würfel geht desto tiefer in die Nute des Pyrometers hinein, je schmäler seine Seite durch die Hitze geworden ist. An der Stelle, wo der Würfel stecken bleibt, steht auf den Stäben eine Zahl, die den Grad der Hitze angiebt. Es versteht sich, daß man immer einerley Art Thonwürfel zu diesem Pyrometer brauchen müsse.

Philosophical transactions, Vol. LXXII. und LXXIV.

Freyer Wärmestoff und dessen Verbreitung.

§. 511. Um jeden erhitzten Körper herum verbreitet sich, der Erfahrung zu Folge, die Kraftäußerung auf unser Gefühl und aufs Thermometer, wodurch wir eben auf das Daseyn des Wärmestoffes schließen, nach allen Richtungen zu, und zwar mit abnehmender Intensität. Der Wärmestoff ist also eine **expansibele Flüssigkeit** (§. 131.), und um jeden erhitzten Körper herum kann man sich also eine Sphäre des Wärmestoffes von unbestimmter Größe vorstellen, in welcher bey der weitern Verbreitung des Wärmestoffes seine Expansivkraft abnehmen muß, wie seine Dichtigkeit abnimmt.

§. 512. Der Wärmestoff ist ferner eine **rein-expansibele Flüssigkeit** (§. 133), und seine Theilchen folgen ihrer abstoßenden Kraft ungehindert, ohne zugleich von der Schwerkraft afficirt zu werden. So strömen die freyen Wärmestoffstheilchen mit dem Lichte von der Sonne nach allen Richtungen aus, ohne durch Schwere an die Sonne gefesselt zu seyn, und so gehen sie von der Erde da, wo sie frey und in ihrer Expansivkraft thätig zu werden anfangen, nach allen Richtungen, ohne gegen den Mittelpunct der Erde zu gravitiren. Sie können daher nicht, wie die schwere Luft (§. 423.), um die Erde herum eine bleibende Atmosphäre bilden. Da der Wärmestoff also nicht schwer ist, so können auch seine Quantitäten gar nicht durchs Gewicht bestimmt werden, und seine Vermeh-

rung

rung und Verminderung in den Körpern kann, wie auch die Erfahrung lehrt, das Gewicht des Körpers weder vermehren noch vermindern. Der Wärmestoff ist demnach als **inponderabele Substanz** zu betrachten.

§. 513. Der Wärmestoff ist **ursprünglich expansibel** (§. 132.. Wir kennen nämlich keine Substanz, und keine einzige Erfahrung zeigt uns eine solche, von der wir die Expansibilität des Wärmestoffes ableiten könnten.

§. 514. Diesen Umständen zu Folge müßte der Wärmestoff sich von dem Orte aus, wo er frey wird, ins Unendliche verbreiten, und seine Dichtigkeit, folglich seine Expansivkraft oder seine Kraftäußerung, müßte daher endlich Null werden, weil er seiner Verbreitung durch sich selbst und durch seine eigene Ausspannungskraft nicht Grenzen setzen kann. Dies würde auch geschehen, wenn nicht, wie die Folge lehren wird, dem freyen Wärmestoffe durch Anziehungskräfte anderer Materien dagegen in seiner Ausspannungskraft Grenzen gesetzt, und er also dahin gebracht werden könnte, seinen Raum mit Beharrlichkeit zu erfüllen.

§. 515. Zur anschaulichern Erklärung gewisser Phänomene kann man sich zwar die Verbreitung des Wärmestoffes in Strahlen (**strahlender Wärmestoff**), oder so vorstellen, daß die Theilchen desselben von dem Orte aus, wo sie frey werden, sich geradlinig divergirend verbreiten, wie Radii einer Kugel vom

vom Mittelpuncte derselben nach der Fläche derselben gehen; allein in der Wirklichkeit ist diese atomistische Vorstellungsart nicht gegründet. Der Wärmestoff muß vielmehr als elastisch-flüssiges Wesen, auch bey der größesten Dünne, seinen Raum mit Continuität erfüllen.

§. 516. Es folgt aus der Verbreitung des Wärmestoffes, daß die Stärke dieses Ausflusses aus einem Puncte, oder die Quantität der Wärmetheilchen, die davon zu einer gegebenen Fläche gehen, im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen abnehme. Erfahrungen hierüber mit dem Thermometer können den Satz nicht beweisen, da dasselbe nicht die Quantitäten des Wärmestoffes anzugeben vermag (§. 494.).

Lamberts Pyrometrie, oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4. S. 201. ff. Marc. Aug. Pictets Versuch über das Feuer. A. d. Französ. Tübingen 1790. 8. §. 31.

§. 517. Die Beschleunigung der Expansivkraft, die die Theilchen des Wärmestoffes in Bewegung setzt, ist, wie die Wirkung auf den Lichtstoff lehrt, so groß, daß die Bewegung der freyen Wärmetheilchen für Versetzungen aus einem Orte in den andern bey unsern Versuchen auf der Erde instantan zu seyn scheint. Für sehr große Räume würde die Geschwindigkeit allerdings meßbar seyn.

Pictets Vers. §. 64 — 67.

§. 518. Die Intensität der Hitze oder Wärme hängt von der Quantität der freyen Wärmetheilchen in einerley Raume oder ihrer Dichtigkeit ab, mit welcher ihre Expansivkraft im Verhältnisse seyn muß. Die

durch

durch ihre Wirkung aufs Thermometer bestimmten Intensitäten der Hitze nennen wir auch die **Temperaturen** (Temperies) der Körper.

§. 519. Wenn man einem Körper, dessen Temperatur über die des umgebenden Mediums und des darin befindlichen Thermometers merklich erhöhet ist, ein empfindliches Thermometer nähert, auf welcher Seite man will, so zeigt das Thermometer eine höhere Temperatur. Diese erhöhete Temperatur bleibt aber nicht beständig, sondern sie kommt nachher allmählig wieder zu der Temperatur des umgebenden Mediums zurück. Dies folgt aus der Verbreitung des Wärmestoffes. Jeder erhitzte Körper, (wenn er nicht einer dauernden Quelle neuer Wärme ausgesetzt ist,) verliert so nach und nach seinen Ueberschuß der Temperatur über die umgebenden, und es ist kein Körper der Erde bekannt, der vermögend wäre, die höhere Temperatur zurückzuhalten, und keiner, welcher vermögend wäre, einen in ihm eingeschlossenen erhitzten Körper in der höhern Temperatur über die des umgebenden Mittels zu erhalten und die Zerstreuung des von ihm austretenden Wärmestoffes zu verhindern. Es giebt also für den Wärmestoff keine undurchdringliche Hülle.

§. 520. Nach der atomistischen Vorstellungsart erklärt man das Warmwerden der Körper und die Zunahme ihrer Temperatur aus dem in ihre leeren Zwischenräume tretenden und durch sie strömenden Wärmestoffe und dessen zunehmender Dichtigkeit: aber hiernach würden nur die vermeinten leeren Zwischenräume der Körper warm seyn; die materiellen Theile müßten

müßten absolut kalt seyn. Es geht hier vielmehr eine wahre chemische Durchdringung vor, wie bey den Auflösungen (§. 182.).

Eigentlich wird aller Wärmestoff, der andern Materien zugeführt wird, durch ihre Anziehung dagegen aufgenommen, und er durchdringt sie nur zu Folge dieser Anziehung, wie das Licht die durchsichtigen Körper, was in der Folge beym Lichte näher aus einander gesetzt werden wird. Eine mechanische Durchdringung ist nicht möglich (§. 37.).

§. 521. Nur derjenige Wärmestoff in Körpern ist warm-machend, dessen Expansivkraft thätig ist oder thätig wird; nur dieser wirkt aufs Gefühl und aufs Thermometer und heißt **freyer Wärmestoff**. Er erfüllt, so lange er frey ist, eben wegen seiner Repulsionskraft, seinen Raum nicht mit Beharrlichkeit; dies kann er nur, wenn seine ursprünglich bewegende Kraft durch die Anziehungskraft anderer Materien gegen ihn ins Gleichgewicht gebracht wird, so daß er nun mit ihnen zusammenhängt oder chemisch damit verbunden ist. Man nennt ihn dann **unmerkbaren, verborgenen, fixirten Wärmestoff** (Caloricum fixum).

§. 522. Die Temperatur eines Körpers (§. 518.) hängt also nicht von der Quantität des darin befindlichen Wärmestoffes überhaupt, sondern von der des freyen Wärmestoffes ab, der durch ihn dringt oder aus ihm tritt.

§. 523. Wenn ein Körper eine höhere Temperatur hat, als ein anderer, der mit ihm zusammengebracht wird, so pflanzt sich die Wärme aus jenem in diesen fort, und der kältere entzieht den Ueberschuß

der

der Wärme dem wärmern. Der eine verliert also; und der andere überkommt; und dies dauert so lange, bis das Thermometer in beyden eine gleichförmige Temperatur anzeigt.

§. 524. Da aus einem warmen oder erhitzten Körper nur in so fern Wärmetheilchen weggeführt werden, in so fern die umgebenden Körper weniger warm sind, so sagt man, daß die Wärme eines Körpers, oder eines umgebenden Mittels, allemal einem gleich großen Grade von Wärme in dem andern Körper das Gleichgewicht halte.

§. 525. Bey diesem Gleichgewichte des Wärmestoffes in Körpern von einerley Temperatur muß man aber nicht die Vorstellung haben, daß derselbe durch sich selbst zurückzuhalten sey, oder daß er sich durch den Gegendruck des eben so elastischen Wärmestoffes in einer gleichförmigen Spannung oder Dehnung befinde, wie etwa zwey mit Federkraft begabte Stahlfedern, oder Polster, oder zwey Portionen eingeschlossener Luft im Gleichgewichte sind. Diese Idee streitet schlechterdings mit der Natur des freyen Wärmestoffes, der, wie das Licht, nie mit Beharrlichkeit seinen Raum erfüllt und für den es keine undurchdringliche Hülle giebt.

Die Vorstellung von Spannungen und darauf gegründeten absoluten und specifischen Elasticitäten des Wärmestoffes legt Hr. Mayer in seiner sonst sehr schätzbaren Abhandlung zum Grunde: Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs, von Joh. Tob. Mayer. Erlangen 1791. 8.

§. 526. Das Gleichgewicht der Wärme besteht vielmehr in der Gleichheit der durch die Verbreitung

des freyen Wärmestoffes hervorgebrachten Wechsel. Wenn sich nämlich zwey benachbarte Körper wechselseitig eine gleiche Anzahl Wärmetheilchen in einer gegebenen Zeit zuschicken, oder, mit andern Worten, wenn in einerley Zeit in den einen Körper so viel freye Wärmetheilchen aus dem andern strömen, als von ihm zu demselben treten; so ändert sich natürlicher Weise die Temperatur nicht, da die Quantität der freyen Wärmetheilchen in den Körpern gleich bleibt und von derselben die Temperatur abhängt. Gesetzt aber, es verlöre in dem einen Körper die Wärmematerie ihre bewegende Kraft zur Verbreitung, so würde ihm von dem andern Körper mehr davon zuströmen, als er jenem wieder zusendet, und so würde die Temperatur in jenem abnehmen; und dies würde so lange dauern, bis die Wechsel ihrer Wärmetheilchen wieder gleich wären.

Recherches physico-mécaniques sur la chaleur, par *Pierre Prevost*. à Geneve et Paris 1792. 8. S. 10. ff.

§. 527. Wenn also ein Körper in einerley Zeit eben so viel freye Wärmetheilchen ausströmt, als er empfängt, und umgekehrt, so ist seine Temperatur dauernd. Wenn er mehr empfängt, als er ausströmt, ohne diese empfangenen Wärmetheilchen zu binden oder ihnen durch seine Anziehungskraft Schranken zu setzen, so wird seine Temperatur zunehmen, d. h., er wird **erhitzt** werden. Wenn er hingegen mehr aussendet, als er empfängt, so wird seine Temperatur vermindert werden, d. h., er wird **erkältet**.

§. 528.

§. 528. Wenn sich eine Quelle von Wärme öffnet und die ihr ausgesetzten Körper die davon ausfließenden Wärmetheilchen in größerer Menge empfangen, als sie dahin ausströmen, so werden sie erhitzt werden. Da sie aber in einer gegebenen Zeit nur eine bestimmte Quantität davon empfangen können, so muß auch eine gewisse Zeit für sie nöthig seyn, um einen gegebenen Grad von Temperatur zu erreichen oder bis zu einem gewissen Grade erhitzt zu werden. Wenn wir nun hierbey nicht nur Massen und Volumina, sondern auch die Natur der Körper, folglich ihre leitungskraft für die freye Wärmematerie, gleich setzen, so folgt, daß ihre durch die Mittheilung erhaltene Temperatur von der Zeit und der Intensität des Wärmestoffes abhängen muß.

Wenn also ein Körper gleichförmig eine Zeit hindurch Wärme ausströmt und als eine ununterbrochene Quelle des Wärmestoffes anzusehen ist, so wird ein Thermometer, in einer gewissen Entfernung davon eine kurze Zeit gehalten, nicht so hoch steigen, als in einer längern Zeit. Und wenn eben dasselbige Thermometer zweyen Wärmequellen, deren Intensitäten verschieden sind, gleich stark genähert wird, so wird es in einerley Zeit nicht von einerley Temperatur zu gleichen Graden steigen, sondern durch den heißern Körper höher, als durch den minder heißen.

§. 529. Es ist also die Zunahme der Temperatur eines und desselbigen Körpers, (so lange seine Natur unverändert bleibt,) in einer gegebenen Zeit der Intensität der Wärme des wärme-verbreitenden Körpers proportional. Eben so ist auch klar, daß sie sich wie die Zeit verhalten muß, wenn die Intensität der Quelle der Wärme beständig und unveränderlich ist und aus dem erwärmten Körper kein Wärme-

stoff

stoff wieder ausströmen oder sonst verschluckt werden kann.

§. 530. Aus beyden Sätzen zusammen folgt demnach: daß die Anhäufung der freyen Wärmematerie in einem Raume, aus dem sie nicht wieder heraustritt, in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Zeit und der Intensität der Wärme des die Wärme zuführenden Körpers sey, oder sich verhalte, wie die Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursach multiplicirt mit der Zeit.

Prevost recherches, §. 12 — 15.

§. 531. Wenn die Temperatur eines Körpers gleich bleibt, so wird die aus ihm ausströmende Wärmematerie ebenfalls in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Intensität seiner Wärme und der Zeit seyn. Wenn also die **Zeit** gleich ist, so wird ein und derselbige Raum oder Körper, der noch einmal so heiß, oder worin die Dichtigkeit des freyen Wärmestoffes noch einmal so groß ist, doppelt so viel Wärmematerie ausschicken. Und wenn die **Intensität** seines freyen Wärmestoffes gleich bleibt, (immer wieder gleichförmig ersetzt wird,) so wird er in der doppelten Zeit noch einmal so viel Wärmestoff ausströmen.

Prevost recherches, §. 16.

§. 532. Jeder Körper, der Wärmestoff mitgetheilt erhält, strömt zu gleicher Zeit auch Wärmestoff aus; und die **Erhitzung** desselben ist daher nur die Differenz der Quantitäten dieser ein- und ausströmenden Wärmetheilchen.

§. 533.

§. 533. Die Erhitzung oder Erkältung eines der Luft ausgesetzten Körpers ist, wenn die Temperatur der Luft gleich bleibt, in gleichen Zeittheilchen der Differenz der anfänglichen Temperaturen gleich. Dieses Gesetz folgt aus dem vorhergehenden ungezwungen, und Richmann hat es durch eine Reihe sinnreicher Versuche zu bestätigen gesucht.

Inquisitio in legem, secundum quam calor fluidi in vase contenti certo temporis intervallo in temperie aëris constanter eodem decrescit, vel crescit; et detectio eius, auct. *Geo. Wilh. Richmanno*; in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 191. Lambert a. a. O. §. 255. ff. *Prevost* recherches, §. 18.

§. 534. Wenn ein erhitzter Körper in einem kalten Mittel sich befindet, dessen Temperatur sich gleich bleibt, so führt die Expansion des Wärmestoffes in jedem Augenblicke einen Theil der Wärme des Körpers weg, welcher der in ihm zurückbleibenden Wärmemenge proportional ist.

Wenn z. B. der Körper $\frac{1}{10}$ seiner innern Wärme in einem Augenblicke verliert, so werden nach dem ersten Augenblicke noch $\frac{9}{10}$ seiner primitiven Wärmemenge übrig bleiben; er wird im zweyten Augenblicke wieder $\frac{1}{10}$ von diesen $\frac{9}{10}$ verlieren, und es werden $\frac{9}{10}$ von den $\frac{9}{10}$ der primitiven Wärmemenge übrig bleiben, u. s. f.

Newton opusc. T. II. S. 423. und Princip. philos. nat. L. III. Prop. VIII. Cor. IV. Richmann a. a. O. S. 195. Lambert a. a. O. §. 258. *Prevost* a. a. O. §. 19.

§. 535. Diesem Gesetze gemäß geschieht die Erwärmung oder Erkältung eines Körpers in einem Mittel, dessen Temperatur constant ist, dergestalt, daß die Unterschiede seiner Wärme von der des Mittels in einer geometrischen Progression sind, während die Zeiten der Erhitzung oder Erkältung in arithmetischer

Pro-

Progression fortgehen. Die Fortschritte der Veränderungen der Temperatur des Körpers werden deshalb auch in gleicher Zeit immer kleiner.

Anwendung von diesem allgemeinen Gesetze der Erkältung oder Erhitzung in Fällen, wenn die sich die Wärme mittheilenden Körper beyde die Temperatur ändern, hat *Prevost* a. a. O. §. 20.

§. 536. Die Erkältungen erhitzter Körper in einem Mittel, dessen Temperatur sich gleich bleibt, sind nach Richmann im geraden Verhältnisse ihrer Oberflächen und im umgekehrten ihrer Massen.

Richmann a. a. O.

§. 537. Unser Körper enthält selbst eine Quelle zur Wärme in sich, so lange wir leben, wie der Körper aller warmblütigen Thiere, d. h., es wird in unserm Körper während seines lebens beständig fixirter Wärmestoff zum freyen gemacht, der sich dem Körper mittheilt und den Antheil ersetzt, welchen wir nach den Gesetzen der Verbreitung des Wärmestoffes ohne Unterlaß an die uns umgebenden Mittel absetzen. Wenn nun ein anderer uns berührender Körper uns in einerley Zeit mehr freyen Wärmestoff mittheilt, als er von uns empfängt, so nennen wir ihn warm oder heiß, wenn er hingegen in einerley Zeit mehr Wärmestoff von uns empfängt, als er uns mittheilt, so heißt er kalt. Kalte ist nichts Positives, sondern etwas Negatives. Absolute Kälte, oder das wahre Null am Thermometer, kennen wir nicht.

§. 538. Wenn es für den freyen Wärmestoff eine undurchdringliche Hülle gäbe, so würde der darin

in eingeschlossene Körper stets die Temperatur behalten, die er einmal hat, da die Intensität seines Wärmestoffes durch Verbreitung nicht geschwächt würde. Es existirt aber keine Materie in der Natur, die für die Wärmetheilchen undurchdringlich wäre (§. 518.).

§. 539. Die Erfahrung lehrt aber, daß die verschiedenen Körper den Wärmestoff nicht gleich schnell durchlassen und bey gleicher Temperatur einen und eben denselben in ihnen eingeschlossenen Körper von der höhern Temperatur, bey übrigens gleichen Umständen, nicht in gleichen Zeiten um gleich viel Grade abkühlen lassen. So lehren schon alltägliche und gemeine Erfahrungen: daß wir durch wollene Kleider und Bedeckungen uns mehr vor der Kälte schützen können, als ohne diese; daß wir uns in Federbetten auch in Zimmern, die unter dem Gefrierpuncte kalt sind, in der zum leben nöthigen Temperatur unsers Körpers erhalten können, wenn wir daselbst in einer Hülle von Metall unfehlbar erstarren müßten; daß ein erhitzter Körper schneller im Wasser abgekühlt wird, als in Luft von eben der Temperatur; daß Bäume mit Stroh umwunden vor dem Winterfroste besser geschützt werden, als ohne diese Bedeckung; daß es unter Strohdächern im Sommer kühler und im Winter wärmer ist, als unter Ziegeldächern; daß Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen den Eindrang der äußern Wärme ungleich länger abhalten, als mit steinernen Wänden; daß eine Eisenstange mit einem hölzernen Handgriffe sich an diesem ohne Verle-

zung

zung der Hand anfassen läßt, wenn sie an ihrem Ende glühend gemacht wird, da sie hingegen mit dem metallenen Handgriffe bald eine verletzende Wärme erlangen würde; daß unter der Hülle des Schnees die Temperatur des Bodens weit länger warm bleibt, als wenn er von der Luft allein berührt wird; daß wir unter Asche erwärmte Flüssigkeiten länger warm erhalten können, als in der Luft; u. dergl. m.

§. 540. Wir schreiben diesemnach demjenigen Körper, der die Wärmetheilchen schneller durch sich durchläßt, als ein anderer, oder der in kürzerer Zeit bey gleicher Oberfläche durch einerley Wärmestrom von einerley Temperatur zu einer gleichen Anzahl von Graden erhitzt wird, eine größere **wärme-leitende Kraft** zu, als einem andern, und gründen hierauf den Unterschied zwischen guten und schlechten **Leitern für die Wärmmaterie**. Einen vollkommenen Nichtleiter für die Wärme giebt es nicht.

§. 541. Indessen herrschen bey den Physikern zum Theile noch widersprechende Vorstellungen von dem, was sie unter wärme-leitender Kraft der Körper verstehen, und sie haben sich noch nicht gehörig über den Begriff davon vereinigt. Wenn z. B. ein bis zum Siedepuncte erhitztes Thermometer in eine Masse schmelzenden Schnee gestellt wird, so wird es darin weit schneller zu der Temperatur des schmelzenden Schnees herabkommen, als in Luft von eben dieser Temperatur. Ich muß also dem schmelzenden Schnee eine stärkere wärme-leitende Kraft zuschreiben, als der

Luft. Wenn ich aber diese darnach bestimme, ob ein Körper schneller oder langsamer, folglich in kleinerer oder in größerer Zeit, bey gleichem Volum zu einerley Anzahl von Graden durch einerley Wärmestrom erhoben werden kann; so muß ich der Luft eine stärkere wärme-leitende Kraft zuschreiben, als dem Wasser, weil ich finde, daß sie weit schneller vom Gefrierpuncte an zu einer gewissen Temperatur kommt, als das Wasser.

§. 542. Man muß sich also erst über die Bestimmung der wärme-leitenden Kraft einverstehen. Ich bestimme sie daher, mit Hrn. **Thompson**, von dem wir die zahlreichsten Versuche über diesen Gegenstand haben, für das **Vermögen der Körper, bey übrigens gleichen Umständen, die Abkühlung eines darin eingeschlossenen erhitzten Körpers schneller oder langsamer zuzulassen.** Der Körper, der diese Abkühlung schneller zuläßt, ist ein besserer Leiter, als der, welcher sie langsamer oder in längerer Zeit zuläßt. Im gemeinen Leben nennen wir schlechte Leiter für die Wärme, z. B. Wolle, Federn, Haare, Pelzwerk, **warme**, auch **warm-haltende** Körper.

§. 543. Erst in neuern Zeiten hat man diesen Gegenstand, der in Ansehung des Nutzens, welcher sich von seiner Bearbeitung für Künste und Gewerbe und für die Gesellschaft überhaupt, so wie selbst für die Erklärung mehrerer Naturphänomene daraus ziehen läßt, so überaus wichtig ist, zu bearbeiten angefangen. Das Verfahren, dessen sich Herr **Thompson**

in

in seinen neuern Versuchen bedient hat, besteht darin, ein empfindliches Quecksilberthermometer mit hinreichend breiter Scale in einen Glaskolben mit einer Kugel so aufzuhängen, daß die Kugel des Thermometers in der Mitte der Kugel dieses Gefäßes steht; den Zwischenraum mit der Substanz, deren respective wärme-leitende Kraft man bestimmen will, zu gleicher Höhe auszufüllen, den Apparat in kochendem Wasser bis zu einerley Temperatur zu erhitzen, hernach in einer kalt-machenden Mischung aus Eis und Wasser von hinlänglicher Masse wieder abzukühlen, und nach einer Secundenuhr genau die Zeit zu merken, welche verfließt, ehe das Thermometer von 70 Gr. R. bis 10 Grad herabsinkt, und zwar von 10 Gr. zu 10 Gr. Man sieht leicht, daß die Leitungskraft der Substanz für die Wärme im umgekehrten Verhältnisse der gefundenen Zeit der Abkühlung stehen muß. Versuche über die wärme-leitende Kraft der Körper haben **Richmann**, **Thompson**, **Ingenhouß**, **Pictet** und **Mayer** angestellt. Die Resultate, die sie daraus ziehen, weichen oft von einander ab.

New Experiments upon Heat, by *Colon. Sir Benjam. Thompson*, Lond. 1786. 4. Experiments upon Heat, by *Major-General Sir Benjam. Thompson*; in den *philos. transact.* 1792. P. I. S. 48. ff. Versuche über die Wärme, vom General-Major Hrn. Benj. Thompson, in Grens Journ. der Physik, B. VII. S. 246. ff. Mayer vom Wärmestoffe, S. 228. ff. Ueber das Gesetz, welches die Leitungskräfte der Körper für die Wärme befolgen, vom Hrn. Hofr. Mayer; in Grens Journ. der Physik, B. IV S. 22. Ingenhouß über die Leitungskraft der Metalle für Wärme; ebendaselbst B. I. S. 154. Pictet Vers. über das Feuer, Kap. 4 — 5. 6.

§. 544. Die wärme-leitende Kraft der Körper hängt hauptsächlich von dem Vermögen derselben ab,

die

die freye Wärmematerie durch ihre Anziehung dagegen zur unmerkbaren zu machen. Ist nämlich ein erhitzter Körper mit einem kältern umgeben, der den freyen Wärmestoff schnell bindet, so wird der aus ihm auf den letztern strömende Wärmestoff schnell und leicht zur latenten Wärme gemacht, die nicht wieder zurückstrahlt, und der erhitzte Körper verliert so desto leichter seinen Ueberschuß der Temperatur oder seiner freyen Wärme.

Die wärme-leitende Kraft des leeren Raums, wovon Herr Thompson spricht, ist nichts anderes, als die wärme-leitende Kraft der Hülle, die den leeren Raum begrenzt, und nahmentlich in den Versuchen der Herren Thompson und Pictet die wärme-leitende Kraft des Glases.

Auch die Erscheinung, daß in Zimmern, worin z. B. durch Verbrennen von Oehl u. dergl. sich rußhaltiger Dampf bildet, an der Decke derselben mit der Zeit die Stellen, wo die Balken laufen, durch ihre weißere Farbe erkennbar werden, gründet sich auf die schlechter leitende Beschaffenheit des Holzes für Wärme.

Aus der verschiedenen wärme-leitenden Kraft läßt sich nun auch leicht erklären, warum ein Stück Metall und ein Stück Holz beyde von gleicher, aber niedrigerer Temperatur als unser Körper, sich nicht gleichförmig kalt beym Anfühlen zeigen.

§. 545. Der Wärmestoff, der bey seiner Verbreitung auf die Fläche eines andern Körpers trifft und davon nicht angezogen wird oder sie nicht durchdringt, wird nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper (§. 303.) davon wieder zurückgeworfen, und strömt unter eben dem Winkel von der reflectirenden Fläche zurück, unter dem er darauf stieß. Die Erscheinungen des Wärmestoffes, der sich in Vereinigung mit dem Lichte verbreitet, bestätigen dies am besten, wie die Folge lehren wird.

Hierher gehören Pictets Versuche über die Zurückstrahlung der dunkeln Wärme durch Hohlspiegel und über die so genannte Zurückstrahlung der Kälte.

Pictet a. a. O. Kap. 3.

§. 546. So lange zwey Körper gleichartig bleiben, so kann es gar keinem Zweifel unterworfen seyn, daß, wenn die Temperaturen derselben gleich sind, die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes sich darin verhalten wie die Massen oder Volumina. Der Wärmestoff mag darin Abänderungen seiner Expansivkraft erleiden oder nicht, so wird im erstern Falle dies immer auf gleiche Art geschehen.

§. 547. Es folgt hieraus, daß, wenn zwey gleichartige Körper von ungleichen Temperaturen mit einander gleichförmig vermengt werden, sich die Wärmemenge beyder zusammen gleichförmig durch das ganze Gemenge ausbreiten, und die Vertheilung des Ueberschusses des freyen Wärmestoffes den Voluminibus oder Massen derselben proportional seyn müsse. Die Erfahrung bestätigt diese von Richmann angegebene Regel vollkommen, wenn man das zugleich in Anschlag bringt, was von der Wärme während des Zusammenmischens an die umgebende Luft oder das Gefäß, worin man die Mischung macht, tritt.

Wenn also T, t die verschiedenen Grade der Temperatur der zu vermengenden gleichartigen Körper, M, m ihre Massen oder Volumina anzeigen, so ist die Temperatur nach der Vermengung, oder x, $= \frac{T \cdot M + t \cdot m}{M + m}$. Wenn M = m ist, so ist $x = \frac{T + t}{2}$. Gesetzt, es werde 1 Pf. heißer Sand von 180 Gr. F. mit 1 Pf. Sand von 40 Gr. vermengt, so wird die Temperatur nach der Vermengung $\frac{180 + 40}{2} = 110$ Gr. werden, oder der Ueberschuß, 140 Gr.,

Gr., in dem einen Pfunde wird sich unter beyde Pfunde gleichförmig vertheilen, so daß das wärmere Pfund $\frac{140}{2}$ oder 70 Grad verliert, und das kältere dagegen $\frac{140}{2}$ oder 70 Gr. erlangt. Oder, wenn 10 Pf. Wasser von 180 Gr. mit 6 Pf. Wasser von 40 Gr. vermischt werden, so wird die Temperatur nach der Vermischung $\frac{180 \cdot 10 + 40 \cdot 6}{10 + 6} = 127\frac{1}{2}$ Gr. werden.

Aus der Formel: $x = \frac{T \cdot M + t \cdot m}{M + m}$, folgt, daß $M : m = x - t : T - x$; und man kann daraus finden, wie groß die Massen oder Gewichte zweyer gleichartiger Körper, deren verschiedene Temperaturen gegeben sind, seyn müssen, um aus ihrer Vermengung die verlangte Temperatur herauszubringen. Man habe z. B. Wasser von 60 Gr. und von 180 Gr.; wie ist das Verhältniß von jedem, um eine Temperatur von 96 Gr des Gemischten hervorzubringen? Antw.: $96 - 60 : 180 - 96 = 36 : 84 = 3 : 7$, d. h., man wird von dem Wasser von 180 Gr 3 Theile, und von dem von 60 Gr. 7 Theile mit einander vermischen müssen, um 96 Gr. warmes zu erhalten.

De quantitate caloris, quae post miscelam fluidorum certo gradu calidorum oriri debet, cogitationes, auctore *Geo. Wilh. Richmann*; in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 152. ff.

§. 548. Diese Regel findet aber gar nicht mehr Statt, so bald man ungleichartige Körper von verschiedenen Temperaturen mit einander vermengt. Hier vertheilt sich der Ueberschuß des wärmern nicht nach Verhältniß der Gewichte dieser Körper, und es sind vielmehr ungleiche Quantitäten des freyen Wärmestoffes nöthig, um in gleichen Gewichten gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Wenn z. B. 1 Pf. Quecksilber und 1 Pf. Wasser, welches letztere eine höhere Temperatur hat, als jenes, mit einander zusammengerührt werden, so wird die Wärme des Gemenges allezeit größer seyn, als das arithmetische Mittel der vorigen Temperaturen; wenn aber das Quecksilber heißer ist, als das Wasser, so wird die Temperatur kleiner seyn, als das arithmetische Mittel.

Wenn z. B. 1 Pf. Quecksilber von 110 Gr. F. und 1 Pf. Wasser von 44 Gr. mit einander vermengt werden, so sollte nach der vorigen Richmannischen Regel die Temperatur des Gemenges 77 Gr. werden, sie wird aber nur 47 Gr.; und wenn das Quecksilber 44 Gr. und das Wasser 110 Gr. hat, so wird sie 107 Gr. Wenn also das Pf. Quecksilber 63 Gr. durch Vertheilung verliert, so gewinnt das Wasser nur 3 Gr.; und wenn hinwiederum das Wasser 3 Gr. verliert, so gewinnt das Quecksilber 63 Gr.

§. 549. Wenn also die Temperatur eines Körpers A um n Grade wächst oder vermindert wird, während die Temperatur des damit vermengten Körpers B von gleichem Gewichte um m Grade vermindert wird oder wächst: so können wir schließen: daß so viel Wärmetheilchen, als den Körper A um n Grade wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht von B um m Grade erwärmen; und daß, wenn A und B bey gleichem Gewichte gleiche Temperatur haben, die Quantitäten der freyen Wärmetheilchen darin sich verhalten wie m : n.

Weil in dem vorhergehenden Exempel die Wärme des Wassers bey der Vermengung mit gleich viel Quecksilber um 1 Gr. wächst oder vermindert wird, während die des Quecksilbers um 21 Gr. vermindert wird oder wächst; so schließt man, daß so viel Wärmetheilchen, als das Wasser um 1 Gr. wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht Quecksilber um 21 Gr. erwärmen. Wenn also Wasser und Quecksilber bey gleichen Gewichten gleiche Temperatur haben, so müssen die freyen Wärmetheilchen in jenem sich zu denen in diesem verhalten wie 21 : 1.

§. 550. Dieses Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmetheilchen in ungleichartigen Körpern bey gleicher Temperatur und gleichem Gewichte nennt man die **specifische Wärme** (Calor specificus) nach Hrn. **Wilke**, oder die **comparative Wärme**, auch die **Capacität der Körper für Wärme**, nach Herrn **Crawford**. Bestimmt man das Verhältniß bey gleichem

chem Volum, so nennt es Herr **Wilke** die **relative Wärme.**

§. 551. Man bestimmt diese specifische Wärme der Körper aus den Veränderungen der Temperaturen, die sie zeigen, wenn sie in verschiedenen Temperaturen vermengt worden und hernach auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind. Wenn die Gewichte der Körper A und B gleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Veränderungen x, y der Temperaturen, nachdem sie auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind; oder es ist $m : n = y : x$, folglich $m = \frac{ny}{x}$. Wenn die Gewichte P, p der zu vermengenden Materien ungleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Producte aus den Veränderungen x, y der Temperaturen in die Gewichte; oder es ist $m : n = yp : xP$, folglich $m = \frac{nyp}{xP}$. Der Erfinder dieser Formel ist Herr **Irvine.**

Ein Pfund Quecksilber von 110 Gr. mit 1 Pf. Wasser von 44 Gr. vermengt giebt eine Temperatur von 47 Gr. Die Veränderung der Temperatur des Quecksilbers, oder x, ist $110 - 47 = 63$; die des Wassers, oder y, ist $44 - 47 = 3$: folglich verhält sich die specifische Wärme des Quecksilbers, oder m, zu der des Wassers, oder n, wie $y : x = 3 : 63 = 1 : 21$; und es ist also $m = \frac{1}{21}$, wenn $n = 1$. Wenn 14 Pf. Quecksilber, oder P, von 100 Gr. mit 1 Pf. Wasser, oder p, von 50 Gr. vermengt werden, so wird vermöge der Erfahrung die gleichförmige Temperatur nach der gehörigen Vertheilung der Wärme 70 Gr. Hier ist also $x = 100 - 70 = 30$, y hingegen $= 70 - 50 = 20$, folglich $m : n = py : Px = 1 . 20 : 14 . 30 = 20 : 420 = 1 : 21$; das ist, wie vorher.

§. 552. Der Erste, der hierüber Erfahrungen angestellt hat, war Herr **Wilke.** Herr **Black** und

Ir.

Irvine hatten sich zwar auch schon mit diesem Gegenstande beschäftigt; die Resultate ihrer Untersuchungen wurden aber erst nachher durch Herrn Crawford bekannt gemacht, der selbst mit vieler Sorgfalt die specifische Wärme verschiedener Körper zu bestimmen gesucht hat. Man hat so die Resultate dieser Versuche in Tabellen gebracht und die specifische Wärme des Wassers dabey zur Einheit gesetzt. Diese Versuche erfordern aber außerordentlich viel Genauigkeit, wenn die Resultate nicht zu sehr von der Wahrheit abweichen sollen. Eine Hauptregel dabey ist, keine solche Substanzen mit einander zu vermengen, die eine chemische Wirkung auf einander äußern, sich wechselseitig auflösen, oder ihre Form ändern, oder ein zusammengesetztes neues Product geben, weil dabey, wie die Folge lehren wird, aus den Körpern selbst Wärmetheilchen frey oder verschluckt werden können, die die berechnete Temperatur erhöhen oder vermindern. Herr Crawford hat diese Regel nicht immer beobachtet, und eben deswegen sind viele seiner Resultate unzulässig. Viele Naturforscher verwechseln übrigens noch die latente Wärme mit dieser specifischen; was ganz irrig ist. Die letztere ist nur Verhältniß der freyen Wärmetheilchen in Körpern bey gleichen Temperaturen und Gewichten.

Sonst ist bey Anstellung der Versuche über die specifische Wärme der Körper zu merken: 1) daß dazu Quecksilberthermometer gehören, die nicht nur sehr genau, sondern auch sehr empfindlich sind; 2) daß die Wärme, die während der Vermengung an die umgebende Atmosphäre abgesetzt wird, gehörig berechnet wird; 3) daß die kältere Substanz die Temperatur der Luft im Zimmer habe; 4) daß die specifische Wärme des Gefäßes, worin die Vermengung vorgenommen wird, selbst gehörig bestimmt und der Einfluß desselben in

An-

Anschlag gebracht sey; 5) daß die Unterschiede der sehr niedrigen Temperatur so wohl als der sehr großen vermieden werden; und 6) daß die Volumina so viel als möglich gleich genommen werden.

Wegen der Nichtbeobachtung der im §. angeführten Hauptregel bey diesen Versuchen sind daher von Herrn Crawfords Erfahrungen die Resultate zu verwerfen, die er bey der Bestimmung der comparativen Wärme der Metallkalke, der Asche, des Holzes, der brennbaren Luft, des Weitzens, der Hafergrütze, der Bohnen, der Gerste, des Fleisches, Blutes, u. a., herausbringt. Eben so auch die Resultate, welche andere bey der Vermischung mit Wasser und Salzen, Säuren, Alcohol, Eis, erhalten haben.

Versuche über die eigenthümliche Menge des Feuers in festen Körpern und deren Messung, von Joh. Carl Wilke; in den neuen schwedischen Abhandl. Leipz. B. II. S. 48., und in Crells neuesten Entd. der Chemie, B. X. S. 163. Experiments and observations on animal heat, and the inflammation of combustible bodies, being an attempt to resolve those phaenomena into a general law of nature, by *Adair Crawford*. Lond. 1779. 8. 1788. 8. Adair Crawfords Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme, a. d. Engl., herausgegeben von L. Crell, 1789. 8. Prüfung der neuen Theorien über Feuer, Wärme, Brennstoff und Luft, von Gren; in dessen Journ. der Physik, B. I. S. 5. ff. S. 189. ff.

§. 553. Mit Recht ist in die Zahlen in den Tabellen über die specifische Wärme der Körper, die wir in neuern Zeiten erhalten haben, ein Mißtrauen zu setzen, da man sich durchaus zu den Versuchen, worauf sie sich gründen, solcher Materien, z. B. des Wassers, bedient hat, die ihre Form durch Abänderung der Temperatur ändern oder sonst chemisch auf einander wirken. Ich glaube daher immer noch, daß die specifische Wärme der Körper sich umgekehrt verhalte, wie die eigenthümlichen Gewichte der Körper, und halte also Boerhaaven noch nicht für widerlegt, welcher annahm, daß sich die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes in ungleichartigen Körpern bey gleichen Temperaturen derselben verhielten, wie die

die Volumina der Körper; welcher Satz gleich bedeutend ist.

Bey dem schon öfter gebrauchten Beyspiele von Quecksilber und Wasser (§. 548. 551.) dürfte die gemeinschaftliche Temperatur nach der Vermengung des 1 Pf. Quecksilber von 110° F. und des 1 Pf. Wasser von 44° F. statt 47 Gr. nur $48\frac{1}{2}$ Gr. werden, (wie es in der Wirklichkeit auch wohl seyn kann, wenn der entweichende Wasserdampf keine Wärmetheilchen fortführte oder die sich zerstreuenden Wärmetheile sonst besser in Anschlag gebracht werden könnten,) und dann würde die Rechnung nach der Formel des § 551. die specifische Wärme des Quecksilbers zu der des Wassers geben, wie 48,5 — 44 : 110 — 48,5 = 4,5 : 61,5 = 1,000 : 13,677, oder umgekehrt, wie ihre eigenthümlichen Gewichte.

Herm. Boerhaave elem. chemiae. Lipſ. 1732. T. I. S. 166. 232.

Wirkungen des Wärmestoffes auf die Körper.

Expansion der Körper durch Wärme.

§. 554. Die erste Wirkung, die wir an den der Hitze ausgesetzten Körpern wahrnehmen, ist die schon oben (§. 489.) angeführte Ausdehnung in einen größern Raum. Diese Ausdehnung ist Folge der thätigen Expansivkraft der Wärmetheilchen, durch welche die ursprünglichen Repulsionskraft der Materie der Körper in Beziehung auf die Anziehungskraft derselben vermehrt wird, so daß beyde nur dann erst wieder im Gleichgewichte sind, wenn die Materie des Körpers einen größern Raum als vorher erfüllt, folglich expandirt worden ist.

§. 555. Die Größe der Ausdehnung der Körper in der Hitze, bey gleichem Volum derselben und gleicher Intensität der mitgetheilten Hitze, richtet sich nicht

nicht nach einem bekannten Gesetze. Allgemein aber dehnen sich elastische Flüssigkeiten stärker und schneller aus, als tropfbar=flüssige; diese stärker und schneller, als feste Körper. Werkzeuge, um die Zunahmen der Ausdehnung fester Körper in der Hitze zu messen, hat man auch **Pyrometer** genannt. Muschenbroek, Bouguer, Smeaton haben dergleichen angegeben.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1527. Expériences faites à Quito, sur la dilatation et la contraction, qui souffrent les métaux par le chaud et le froid, par Mr. *Bouguer*; in den *Mémoires de l' acad. roy. des sc.* 1745. S. 230. *Smeaton* description of a new pyrometer; in den *philos. transact.* Vol. XLVIII. 1754. No. 79. Lamberts Pyrometrie, S. 119.

Folgendes sind die Resultate verschiedener Versuche dieser Art. Das Volum der Körper, das beym Eispuncte = 1,00000 angenommen worden ist, wurde durch die Zunahme der Wärme bis zum Siedepuncte

bey Glas	1,00083	Smeaton
Gold	1,00094	Bouguer
Bley	1,00286	Smeaton
Zinn	1,00248	—
Silber	1,00189	Herbert
Messing	1,00193	Smeaton
Kupfer	1,00170	—
Stahl	1,00122	—
Eisen	1,00125	—

§. 556. Von dieser Ausdehnung fester Körper in der Hitze ist es herzuleiten, daß sich der Gang der Pendul, die Federkraft, Sprödigkeit und Fähigkeit der festen Körper durch die Temperatur ändern kann.

§. 557. Die Ausdehnung der festen Körper als solcher in der Hitze hat ihre Grenzen, über welche hinaus sie aufhören, feste zu seyn, und durch den fortdauernden und stärkern Einfluß des Wärmestoffes sie entweder flüssig werden und schmelzen, oder sonst Veränderung ihrer Mischung erleiden und nicht mehr die

die vorige Natur behalten. Wenn feste Körper durch die Hitze flüchtige Bestandtheile verlieren, so können sie dadurch auch wohl sich mehr zusammenziehen; eben dies kann auch erfolgen, wenn sie durch die Hitze in einen Grad der Zusammensinterung oder anfangenden Schmelzung kommen und ihre körnige und mit Höhlungen versehene Textur verändern und dicht werden. Ein Beyspiel giebt das Schwinden des Thons in der Hitze.

§. 558. Ueber die Ausdehnungen **tropfbarflüssiger** Körper in der Hitze haben wir nur erst wenig zuverlässige Beobachtungen, welche uns indessen doch lehren, daß die Expansion verschiedener tropfbarer Flüssigkeiten sehr verschieden durch gleiche Grade von Wärme ausfalle, und daß alle Angaben über die Quantität dieser Ausdehnung durch eine gewisse Anzahl von Graden sehr unzuverlässig sind, wenn nicht genau bestimmt ist, bey welchem Grade von Wärme sie gefunden worden sind.

Quecksilber nimmt von der Temperatur des natürlichen Gefrierpunctes an bis zum Siedepuncte des Wassers in seinem körperlichen Inhalte zu, um 0,0185 nach de Luc, um 0,0168 nach Roy.

Wasser erhält in diesem Intervalle eine Zunahme seines Volums um 0,045176 nach de Luc.

Hrn. Schmidts Versuche über diesen Gegenstand lehren, daß der körperliche Inhalt, wenn man ihn bey 15° R. = 1 setzt, durch die Zunahme der Wärme von 30 Gr. R., oder von 15° bis 45° R., zunehme bey

Wasser — — —	um 0,01328
Weingeist (eigenth. Gew. 0,827) —	— 0,03973
Terpentinöhl — — —	— 0,03708
Baumöhl — — — —	— 0,03019
Alkalische Lauge (4 Th. Wasser, 1 Th. Salz)	— 0,01512
Salzwasser (4 Th. W., 1 Th. Salz) —	— 0,01515
Doppeltes Scheidewasser (eig. G. 1,170)	— 0,02460
Vitriolöhl (eig. Gew. 1,893) — —	— 0,02340.

Ver=

Versuche über das Gesetz der Ausdehnungen einiger Flüssigkeiten durch die Wärme, von Hrn Schmidt; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. I. S. 216. ff.

§. 559. Uebrigens erhellet aus der Dilatation der tropfbaren Flüssigkeiten in der Wärme die Nothwendigkeit, bey der Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte derselben eine gewisse Normal-Temperatur durchaus zu beobachten (§. 351.).

§. 560. Die Grenze der Ausdehnung der liquiden Stoffe, als solcher, durch die Hitze ist da, wo sie anfangen, sich in elastische Flüssigkeiten, in Dämpfe oder Gas zu verwandeln, weil sie dann ganz andere Grade der Ausdehnung befolgen.

§. 561. Die elastischen Flüssigkeiten dehnen sich durch die Wärme am schnellesten und durch gleiche Grade derselben am stärksten aus. In Ansehung des Maaßes der Ausdehnung der Luft durch eine bestimmte Anzahl von Graden der Wärme weichen die Resultate der Beobachter sehr von einander ab. Hr. **de Luc** nimmt an, daß sich die Luft vom Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte um $\frac{372}{1000}$, folglich für jeden Grad Aenderung des Quecksilberthermometers mit Reaum. Scale sich um $\frac{1}{315}$ ihres Volums ausdehne; und seinen Versuchen zu Folge nimmt man an, daß die Luft von der mittlern Temperatur, (56 bis 60 Gr. Fahrenh.,) bis zur Siedhitze des Wassers um $\frac{1}{2}$ in ihrem Volum wachse. Nach den Versuchen des Hrn. **Roy** hingegen zeigt bey 15° Gr. Reaum. jeder Grad Zunahme der Wärme an, daß der Umfang der Luft um $\frac{1}{170}$ zugenommen habe. Hr. **von Saussure** giebt ein

ein anderes Verhältniß an, und nach ihm bringt zwischen dem 6ten Grade R. bis zum 22sten ein Grad Aenderung des Thermometerstandes eine Aenderung des Volums der Luft um $\frac{1}{215}$ zuwege. Nach den Erfahrungen der Herren **Vandermonde**, **Berthollet** und **Monge** dehnt sich die atmosphärische Luft, bey unverändertem Drucke, um $\frac{1}{184,8}$ ihres Volums durch jeden Grad Reaum. aus. Indessen lehren die genauen Versuche der Hrn. **Morveau** und **du Vernois**, daß die Zunahme der Luft durch die Wärme progressiv ist, oder daß die Luft durch gleiche Quantitäten der Wärme nach dem Thermometermaaße um so viel mehr ausdehnbar ist, je mehr sie schon ausgedehnt ist. Nach den Versuchen derselben beträgt die Vermehrung des primitiven Volums der trockenen atmosphärischen Luft, beym Barometerstande von 26 Zoll 9,5 Linien,

von 0 bis 20 Gr. Reaum.	0,0789
0 = 40 = =	0,2570
0 = 60 = =	0,6574
0 = 80 = =	0,9368.

Es beträgt diesemnach die Vermehrung des Volums

von 0 bis 20 Gr. Reaum.	$0,0789 = \frac{1}{12,67}$
20 = 40 = =	$0,1781 = \frac{1}{5,61}$
40 = 60 = =	$0,4004 = \frac{1}{2,49}$
60 = 80 = =	$0,2794 = \frac{1}{3,57}$

de Luc über die Atmosph. §. 607. *Schukburgh* in den *philos. transact.* Vol. LXVII. S. 363. ff. *Le Roy*, ebendas. S. 689. ff. Saussure Hygrometrie, §. 113. *Vandermonde, Berthollet et Monge* mém. sur le fer, in den *Mém. de l' ac. roy. des sc.* 1786. S. 36. ff.

Versuche über die Ausdehnbarkeit der Luft und der Gasarten durch die Wärme, zur genauen Bestimmung der

Umfänge derselbigen bey einer gegebenen Temperatur, vom Hrn. von Morveau, in Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 293. ff.

Nach Robins wird die Luft von der mittlern Temperatur bis zur Hitze des glühenden Eisens um das Vierfache ihres Volums ausgedehnt.

§. 562. Andere Gasarten befolgen nach den angeführten Erfahrungen der Hrn. **Morveau** und **du Vernois** andere Gesetze der Ausdehnung durch die Wärme, als die atmosphärische Luft.

Nach diesen Versuchen war das Volum

1) des Stickgas, unterm Barometerstande von 27 Z.,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,0340
-	40° -	-	1,2186
-	60° -	-	1,7664
-	80° -	-	6,9412

2) des Sauerstoffgas, unterm Baromst. von 26 Z., 10,75 L.,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,0452
-	40° -	-	1,2483
-	60° -	-	1,9018
-	80° -	-	5,4767

3) des Wasserstoffgas, beym Barometerst. von 27,66 Z.,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,0839
-	40° -	-	1,2283
-	60° -	-	1,3742
-	80° -	-	1,3912

4) des Salpetergas, beym Barometerst. von 27 Z., 3,5 L.,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,0652
-	40° -	-	1,1763
-	60° -	-	1,4437
-	80° -	-	1,6029

5) des kohlensauren Gas, bey gleichem Barometerstande,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,1105
-	40° -	-	1,3066
-	60° -	-	1,7385
-	80° -	-	2,0094

6)

6) des Ammoniakgas, unterm Barometerstande von 28 Z.,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,2791
-	40° -	-	1,8487
-	60° -	-	3,5878
-	80° -	-	6,8009

§. 563. Durch Zunahme der Temperatur der Luft wird ihre Expansivkraft vermehrt, wie ihre Ausbreitung in einen größern Raum offenbar lehrt. Ist nun die Luft in einem Gefäße eingeschlossen, so nehmen durch Vermehrung der Wärme ihre Elasticität und ihr Druck auf das Hinderniß ihrer Expansion zu.

Eine mit wenig Luft erfüllte Blase schwillt in der Hitze auf.

Im Luftthermometer drückt die durch die Wärme ausgedehnte und in ihrer Elasticität vermehrte Luft die Flüssigkeit in die Höhe.

Im Heronsballe wird das Wasser durch erwärmte Luft zum Springen gebracht.

Die Feuerfontaine.

§. 564. Die Zunahme der Elasticität der eingeschlossenen Luft durch die Wärme macht, daß sie nun einer höhern Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre das Gleichgewicht halten kann als in der Kälte; und der Ueberschuß dieser Höhe über die, welche sie zur Zeit ihrer Einschließung im Freyen erhielt, giebt das Maaß ihrer vermehrten absoluten Elasticität durch die Wärme an.

§. 565. Es fehlt uns noch an genauen Versuchen über die Zunahme der absoluten Elasticität der eingeschlossenen atmosphärischen Luft und der Gasarten durch eine bestimmte Anzahl von Wärmegraden. Es ist wahrscheinlich, daß die Elasticität einer und der-

selben Luftmasse, deren Dichtigkeit sich gleich bleibt, durch die Wärme nach eben dem Verhältnisse wachse, als sie durch dieselbe unterm Drucke der Atmosphäre sich in einen größern Raum ausdehnen würde (§. 561. 562.).

Amontons, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1702. S. 160. ff. *Le Roy* a. a. O.

§. 566. Die Gewalt, welche eingeschlossene und erhitzte Luft gegen das Hinderniß ihrer Expansion ausübt, muß durch die Zunahme der Hitze immer mehr und mehr wachsen. Es ist denkbar, daß ihre Ausspannungskraft endlich so groß werden könne, daß sie der Zusammendrückung eben so sehr widersteht, als ein Stein. Das Wachsthum ihrer Elasticität in den Graden des Glühens ist bewundernswürdig groß, und groß genug, um alle Bande der Cohäsion und Schwere zu überwältigen, wie die Kraft des entzündeten Schießpulvers in Schießgewehren, beym Sprengen der Minen und des Gesteins in Bergwerken beweiset.

Versuch einer Theorie der Sprengarbeit, nebst einem Vorschlage zur Verbesserung der Kunstsätze, von Franz Baader. Freyberg und Annaberg 1792. 8.

§. 567. Da also die Elasticität der Luft durch die Wärme wächst, so kann auch eine dünnere Luft, welche erwärmt ist, einer dichtern, aber kältern, Luft das Gleichgewicht halten. Die erwärmte Luft breitet sich daher in der kältern aus, steigt in derselben empor, oder ergießt sich über diese hin.

Hierauf gründen sich
1) Die Wirkung der Wetterschächte und die Wetterwechsel in Gruben.

Lomo-

Lomonosow, in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 267. ff. *Jars*, in den *Mem. de l' acad. roy. des sc.* 1768. S. 218. ff.

2) Der Zug der Luft in den Windöfen.

3) Das Emporsteigen der Montgolfieren.

van Swinden posit. phys. T. II. S. 220. ff. *Faujas de St. Fond* description de la machine aërostatique de Mons. *de Montgolfier*. à Paris 1784. T. I. II.

4) Die entgegengesetzten Ströme der Luft durch die geöffnete Thür eines geheitzten Zimmers.

§. 568. Hierauf gründet sich ferner die Methode, Gefäße mit sehr enger Mündung mit Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten leicht zu füllen. Wird nämlich durch Erwärmung des offenen Gefäßes die darin enthaltene Luft so viel als möglich ausgetrieben, und dann die offene Mündung des heißen Gefäßes in die Flüssigkeit gestellt, so kann die darin zurückbleibende Luft beym Abkühlen nicht mehr dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht halten, und diese treibt nun das Wasser in dasselbe hinein. Aus der Vergleichung des übrig bleibenden Raums, den jetzt die abgekühlte Luft im Gefäße noch einnimmt, mit dem Inhalte des Gefäßes, läßt sich der Grad der Verdünnung, den die Luft erlitten hatte, bestimmen.

Schmelzen und Gefrieren.

§. 569. Die Wirkung des Wärmestoffes auf feste Körper, wodurch sie in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, heißt **Schmelzen** (Fusio), und man sagt von einem durch die Hitze tropfbar-flüssig gemachten Körper: er **sey im Flusse**, er **schmelze** er **fließe**.

§. 570. Aus dem, was oben (§. 123. 130.) von dem Unterschiede zwischen festen und tropfbar-flüssigen Materien angeführt worden ist, folgt, daß die Expansivkraft des Wärmestoffes den Grund der Schmelzung enthalte und durch seinen Beytritt zur festen Substanz das Verhältniß der ursprünglichen Grundkräfte derselben abändere und die Repulsionskraft in Beziehung auf die Anziehungskraft der Theile vermehre.

§. 571. Die Flüssigkeit aller liquiden Materien, die wir jetzt kennen, ist abgeleitet und Folge des Einflusses des Wärmestoffes (§. 137.).

§. 572. Bey der Verschiedenheit der Größe der Anziehungskraft der Theilchen der specifisch verschiedenen Materien unter einander und zum Wärmestoffe, darf es uns nicht wundern, daß einige Materien eine größere, andere eine geringere Intensität des Wärmestoffes zum Schmelzen erfordern, ja, daß es Materien geben kann, die bey allen uns jetzt bekannten Graden der niedrigsten Temperatur unserer Atmosphäre noch liquide sind.

Streng-flüssige und leicht-flüssige Materien.

§. 573. Manche Gemische schmelzen leichter, als die einzelnen Materien, woraus sie bestehen.

Das Schnelloth der Klempner.

Das Rose'sche Metallgemisch, aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Bley und 1 Th. Zinn, das schon im kochenden Wasser flüssig wird.

§. 574. Einige Körper können durch keine Hitze, die wir jetzt hervorzubringen im Stande sind, in Fluß gebracht oder geschmolzen werden. Man nennt sie

feuerfest. Sie sind aber deswegen wohl nicht absolut unschmelzbar zu nennen; denn alle können doch wenigstens durch Hülfe anderer, mit denen sie sich chemisch vereinigen, im Feuer zum Schmelzen gebracht werden. Die letztern nennt man deswegen **Flüsse, Schmelzungsmittel.**

Beyspiele: Kalkerde und Thonerde sind für sich unschmelzbar; sie schmelzen aber, wenn sie vermengt sind, in der Glühehitze.

Vermittelst eines angezündeten Gemenges aus drey Theilen gereinigtem trocknen Salpeter, zwey Theilen Schwefelblumen und zwey Theilen feinen Sägespänen, kann man eine kleine Silbermünze in einer Nußschaale schmelzen. (Baumés schneller Fluß.)

§. 575. Von dem wahren Schmelzen ist das Flüssig-werden mancher Salzkrystalle, z. B. des Alauns, Vitriols, in der Hitze zu unterscheiden, das seinen Grund in den wässerigen Theilen derselben hat, die in größerer Hitze das Salz auflösen, ungeachtet sie es in geringerer nicht können, und nach deren Verluste das Salz in der Hitze auch wieder fest wird.

§. 576. Wenn die geschmolzenen Körper einer niedrigern Temperatur ausgesetzt werden, als die ist, wobey sie zu schmelzen anfingen, so werden sie wieder fest. Man nennt dies das **Gestehen** oder **Gefrieren** (Congelatio). Es ist Folge des Austrittes des ihren Theilen adhärirenden Wärmestoffes, und es geschieht schneller oder langsamer, theils nach der Verschiedenheit der Differenz der Temperatur des geschmolzenen Körpers und des umgebenden Mediums, theils nach der Leitungskraft des letztern für die Wärmetheilchen. Von der Krystallisirung der Theile der Körper bey diesem

diesem Gestehen oder Gefrieren ist oben (§. 142.) gehandelt worden.

§. 577. Nach der gegebenen Erklärung (§. 570.) vom Schmelzen müssen alle Körper im Flusse ein größeres Volum haben, als im Zustande der Festigkeit. Die Erfahrung bestätigt dies auch allerdings. Die Ausnahme, welche einige Materien, wie Eis, Roheisen, Wismuth, Spiesglanz, Schwefel, zu machen scheinen, läßt sich aus der Krystallisirung ihrer Theile beym Gestehen leicht erklären.

Dampfbildung.

§. 578. Eine andere und höchst merkwürdige Veränderung der Form, welche sehr viele, so wohl feste, als flüssige, Körper erfahren, wenn sie der Wirkung des Wärmestoffes unterworfen werden, ist die Verwandlung derselben in elastische oder expansibele Flüssigkeit, nämlich in **Dampf** (Vapor).

§. 579. Wenn z. B. Wasser in einem gläsernen Gefäße der Hitze ausgesetzt wird und seine Temperatur endlich einen gewissen Grad erreicht hat, so sehen wir, daß sich eine Menge Bläschen allenthalben an der Wand des Gefäßes ansetzt, die sich nach und nach ablösen, emporsteigen und an der Oberfläche des Wassers zerplatzen. Bey zunehmender Hitze des Wassers nehmen diese Bläschen an Menge und Größe zu, so daß sie bey ihrem Emporsteigen die Durchsichtigkeit des Wassers endlich hindern. Zuletzt geräth die ganze Masse des Wassers

in

in Bewegung, wegen der Größe und Menge der Blasen, und das Wasser wallt nun auf, **kocht** oder **siedet**. Bis zu diesem Sieden steigt die Temperatur des Wassers, wie ein hineingestelltes Thermometer zeigt. So wie es aber zum Sieden in einem offenen Gefäße gekommen ist, bleibt das Thermometer, wofern es nur den Boden oder die Wände des Gefäßes nicht berührt, in dem Wasser auf dem erhaltenen Puncte unveränderlich. Die Blasen, die im kochenden Wasser aufsteigen, sind der **Dampf des Wassers**. Dieser Dampf ist vollkommen durchsichtig, wie die Luft, und bleibt auch beym Heraustreten aus dem Wasser unsichtbar und elastisch, so lange er die dazu nöthige Wärme hat oder nicht durch Zusammendrückung vernichtet wird. So verwandelt sich nun bey fortdauernder Hitze das Wasser nach und nach ganz in Dampf, und wird als solcher fortgeführt.

§. 580. So sind nun mehrere feste und liquide Materien fähig, bey einem angemessenen Feuersgrade in eine elastisch-flüssige Materie, in Dampf, verwandelt zu werden. Der dazu nöthige Grad der Hitze ist bey den verschiedenen Stoffen gar sehr verschieden.

Naphtha und Weingeist sieden bey geringerer Hitze, als Wasser, dieses bey geringerer, als Quecksilber. Schwefel verdampft früher als Wismuth, Zink, Spießglanz, Arsenik. Aber auch das sonst so feuerbeständige Gold und Silber können zur Verdampfung gebracht werden.

§. 581. Aber die Erfahrung lehrt auch: daß der Druck der atmosphärischen Luft, die über der Fläche der kochenden Flüssigkeit sich befindet, den Grad der Hitze, bey dem eine und dieselbe Flüssigkeit siedet,

siedet, sehr abändert; daß eine desto größere Hitze dazu erfordert werde, je größer dieser Druck der Luft sey; und daß einerley Flüssigkeit um so eher und bey desto geringerer Hitze siede, je geringer der Druck der Luft darauf sey. Hierauf gründet sich eben die oben (§. 506.) angeführte Berichtigung des Siedepuncts am Thermometer. In hohen Gegenden der Atmosphäre kocht daher das Wasser bey einer niedrigern Temperatur, als in niedrigern Gegenden, und im leeren Raume der Luftpumpe bey sehr mäßiger Temperatur.

Hr. de Luc beobachtete dies auf einer Reise über den Montcenis im J. 1762 in verschiedenen Höhen und wiederhohlte diese Untersuchungen im J. 1765 auf den Gebirgen in Faucigny. Ich theile hier Resultate dieser letztern Beobachtungen mit, wobey ich die Grade des bey 27 Z. Barometerstand graduirten Thermometers auf ein solches gebracht habe, das bey 28 Z. bestimmt worden wäre.

Barometerstand.				Wärmegrade des kochenden Wassers.
28 Z.	5 L.	2 Sechzehntel		80,30° R.
28 -	5 -	—	-	80,29 -
28 -	2 -	4	-	80,14 -
28 -	1 -	2	-	80,03 -
27 -	11 -	—	-	79,94 -
27 -	10 -	—	-	79,90 -
27 -	9 -	7	-	79,84 -
27 -	6 -	7	-	79,61 -
27 -	5 -	3	-	79,53 -
27 -	— -	5	-	79,22 -
26 -	8 -	14	-	78,93 -
26 -	4 -	15	-	78,83 -
26 -	3 -	15	-	78,73 -
25 -	11 -	7	-	78,42 -
24 -	10 -	9	-	77,44 -
24 -	5 -	15	-	77,04 -
24 -	1 -	1	-	76,70 -
23 -	8 -	2	-	76,43 -
23 -	4 -	6	-	76,14 -
22 -	11 -	14	-	75,80 -

Baro=

Barometerstand.	Wärmegrade des kochenden Wassers
21 Z. 10 L. 7 bis 2 Sechz.	74,74 R.
20 - 4 - 15 Sechzehntel	73,21 -
29 - 7 - 15 -	72,50 -

de Luc Unterſ. über die Atmoſph. Th. II. §. 857. ff.

Bey meinen unter dem Recipienten der Luftpumpe angeſtellten Verſuchen fand ich folgende Reſultate:

Barometerſtand.	Siedegrade des Waſſers.
14 Z. 6,5 L.	67° R.
8 - - -	56 bis 57 R.
7 - 8,5 -	55,5 R.
7 - — -	54 -
6 - 1 -	51,5 -
5 - 5,5 -	50,5 -
5 - 3 -	49 -
5 - 2 -	48,5 -
4 - 10 -	47 bis 47,5 R.
4 - 4 -	45,5 R.
3 - 11 -	44 -
3 - 9 -	43 -
3 - 5 -	42 -
3 - 2 -	41,25 R.
3 - 1 -	40 -
2 - 11 -	39 bis 39,5 R.
2 - 9 -	38 R.
2 - 3 -	35 -
2 - 1 -	33,75 R.
1 - 11 -	32 -
1 - 9 -	31 -
1 - 6 -	29,5 -

Grens unten (§. 588.) angef. Abh.

§. 582. Der Grund von dieſem veränderlichen Siedegrade des Waſſers und anderer tropfbarer Flüſſigkeiten iſt folgender. Die Dämpfe haben keine Permanenz ihrer elaſtiſchen Flüſſigkeit, als bey einem beſtimmten Grade der Wärme unter einem beſtimmten Drucke (§. 136.). Sollen ſie alſo als elaſtiſches Fluidum in der Luft oder unter ihrem Drucke beſtehen, ſo

so müßten sie einen ihr gleichen Grad der Elasticität besitzen, und diesen erlangen sie nur durch einen bestimmten Grad der Wärme. Sie können sich also auch im Innern des Wassers, auf dessen Fläche die Luft drückt, nicht eher bilden, oder das Wasser kann nicht eher sieden, bis sie durch die gehörige Hitze denjenigen Grad der Elasticität erreichen, welcher der Elasticität der Luft das Gleichgewicht hält. Je weniger die Luft darauf drückt, desto geringer braucht die Elasticität der Dämpfe zu seyn, um dem Drucke der Luft das Gleichgewicht zu halten, folglich bedürfen sie auch eines desto geringern Grades der Wärme, um sich bilden zu können. — Ohne den Druck einer Atmosphäre würden wir gar kein liquides Wasser, kein Naphtha und keinen Alcohol kennen; denn sie würden dann bey den Temperaturen, wobey wir leben, elastische Flüssigkeiten seyn (138.).

§. 583. So lange die Dämpfe als elastisches Fluidum bestehen, befolgen sie auch dieselbigen Gesetze des Drucks und des Gleichgewichts schwerer expansibeler Flüssigkeiten; und es gilt daher in diesem Zustande alles das von ihnen, was hiervon oben von der Luft (§. 370.) angeführt worden ist.

§. 584. Die absolute Elasticität der Dämpfe läßt sich eben so, wie die der Luft, durch die Höhe einer Quecksilbersäule messen, die in einer Barometerröhre damit im Gleichgewichte ist.

Die Beschreibung eines Elaterometers für Dämpfe habe ich in der unten (§. 588.) angef. Abhandl. mitgetheilt.

§. 585.

§. 585. Die absolute Elasticität der in Gefäßen eingeschlossenen Dämpfe nimmt, wie die der eingeschlossenen Luft, durch die Wärme zu. Beobachtungen über das Wachsthum der absoluten Elasticität der eingeschlossenen Dämpfe des Wassers durch eine bestimmte Anzahl von Wärmegraden haben wir vom Hrn. **von Betancourt** erhalten.

Wärmegrade der Dämpfe des Wassers.		Absolute Elasticität der Wasserdämpfe.		
10°	R.	0,15	Z.	Barometerst.
20	-	0,65	-	-
30	-	1,52	-	-
40	-	2,92	-	-
50	-	5,35	-	-
60	-	9,95	-	-
67	-	14,50	-	-
70	-	16,90	-	-
80	-	28,00	-	-
90	-	46,40	-	-
95	-	57,80	-	-
100	-	71,80	-	-
104	-	84,00	-	-
110	-	98,00	-	-

Mèmoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau, par Mr. *de Betancourt.* à Paris 1792. 4.

Frühere, obgleich nicht so vollständige, Versuche hierüber hat Hr. D. Ziegler angestellt. (Specimen physico-chemicum de Digestore Papini, eius structura, effectu et usu, primitias experimentorum novorum circa fluidorum a calore rarefactionem et vaporum elasticitatem exhibens. Aut. *Io. Henr. Ziegler.* Basil. 1769. 4).

§. 586. Die Gewalt, welche eingeschlossene Dämpfe durch die Erhitzung gegen die Hindernisse ihrer Expansion auszuüben im Stande sind, ist bewundernswürdig groß, und die Kraft des im eingeschlossenen Raume bis zum Glühen erhitzten Wassers und seiner Dämpfe kann gar keiner Berechnung unterwor-

terworfen werden, weil es uns an Mitteln mangelt, den überaus großen Grad der Elasticität dieser Dämpfe zu messen, der wohl hinreichend ist, den bewundernswürdig großen Effect der Vulkane und der Erderschütterungen daraus abzuleiten.

Gesetzt, es ist Wasser in einem Gefäße eingeschlossen, und es würde darin mit seinen Dämpfen bi 110° R., also nur 20 Grad über den gewöhnlichen Siedepunct, erhitzt, so ist nach der vorigen Tabelle die Elasticität dieser Dämpfe schon so groß, um einer Quecksilbersäule von 98 Z. Höhe das Gleichgewicht zu halten; oder gegen jeden Quadratfuß (paris.) Fläche der Wände des Gefäßes mit einer Kraft zu drücken, die dem senkrechten Drucke eines Gewichtes von 7758¾ Pf. (paris.) gleich ist.

§. 587. Weil die Elasticität der eingeschlossenen Luft (§. 563.) und Dämpfe durch die Hitze zunimmt, so müssen sie auch in genau verschlossenen Gefäßen auf das Wasser, das mit eingeschlossen ist, immer mehr reagiren und drücken, je stärker sie erhitzt werden; und folglich wird auch die Hitze dieses Wassers, ehe es siedet, den gewöhnlichen Siedepunct übersteigen (§. 581.) und wachsen, und sie würde, wenn die Gefäße es aushielten, selbst bis zum Glühegrade zunehmen können.

§. 588. Beyspiele von der Elasticität der Dämpfe und ihren Wirkungen geben:

1) Die **Windkugel** oder **Dampfkugel** (Aeolipila).

Wolfs nützl. Vers. zu genauer Erkenntn. der Nat. und Kunst, Th. I. Kap 7.

2) Die **Knallkügelchen.**

3) Der **papinianische Topf** (Digestor *Papini*).

La manière d' amolir les os, ou de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de tems, par Mr. *Papin*. à Amsterd. 1681. 8. Versuch einer neuen Vorrichtung von Papins Digestor, von Wilke; in den schwed. Abhandl. B. XXXV. S. 3., und in Crells neuesten Entd. Th. I. S. 88. ff.

4) Watt's Dampf- oder Feuermaschine.

Beschreibung der wesentlichen Einrichtung der neuern Dampf- oder Feuermaschinen, nebst einer Geschichte dieser Erfindung und Bemerkungen über die absolute Elasticität der Wasserdämpfe, von F. A. C. Gren; im neuen Journ. d. Phys. B. I. S. 62. ff., u. S. 144. ff.

§. 589. Die absolute Elasticität der Dämpfe einer kochenden Flüssigkeit in irgend einem Siedegrade ist, so lange die Dämpfe diesen Grad der Hitze behalten, der absoluten Elasticität der Luft gleich, die auf die Fläche der siedenden Flüssigkeit drückt. Dieser Satz folgt aus §. 582. und die Erfahrung bestätigt ihn.

Gren a. a. O. S. 183. 187.

§. 590. Aus dem gleichzeitig beobachteten Barometerstande können wir also die absolute Elasticität der Dämpfe einer in offenen Gefäßen siedenden Flüssigkeit finden.

Reiner Alcohol kocht bey 64° R. unter einem Barometerstande von 28 Zoll; also haben die Dämpfe des siedenden Alcohols bey 64° eine eben so große absolute Elasticität, als die des Wassers bey 80°: und wenn ferner die Dämpfe des Alcohols und die des Wassers eine gleiche Temperatur haben, so haben sie eine ungleiche Elasticität; die vom Alcohol haben eine größere, als die vom Wasser.

§. 591. Wir müssen in den Dämpfen, als zusammengesetzten Körperarten, die **Basis**, oder den Stoff, der an sich nicht expansibel ist, wie im Wasserdampfe das Wasser, unterscheiden, und das ur-

sprünglich expansive Wesen, nämlich den Wärmestoff, oder nach Hrn. **de Luc** das **fortleitende Flüssige** (Fluidum deferens), durch welches jene Basis zur expansibelen Flüssigkeit wird (§. 135.), und durch dessen Entziehung sie aufhört, elastisch-flüssig zu seyn. Durch die Cohärenz des Wärmestoffes mit der Basis des Dampfes verliert jener seine wärme-erzeugende Kraft, oder wird latent (§. 125.), wie die nähere Betrachtung dieses Umstandes in der Folge lehren wird; und eben hieraus ist die Fixität des Siedepunctes beym bleibenden Drucke der Atmosphäre zu erklären.

§. 592. Wenn die Dampfblasen, die aus dem kochenden Wasser hervortreten (§. 579.), die kühlere atmosphärische Luft berühren, so werden sie durch die Erniedrigung ihrer Temperatur zum Theile zersetzt, ein größerer oder geringerer Antheil ihrer Basis scheidet sich ab und bildet einen sichtbaren **Nebel** oder **Rauch**. Mit Unrecht nennt man denselben noch einen Dampf, da er gar nichts mit der Natur des Dampfes gemein hat. Er besitzt keine Elasticität mehr und ist nichts, als die Basis des Dampfes, die ihres expansiven Stoffes beraubt ist. Sie schwimmt vermöge ihrer höchst feinen Zertheilung und ihrer Adhäsion in der Atmosphäre und folgt ihrem Zuge, bis sie durch mehrere Aneinandernäherung ihrer Theilchen zum concreten tropfbar-flüssigen oder festen Stoffe zusammentritt und sich niederschlägt, oder sich durch neues Hinzukommen von Wärmestoff wiederum in elastische und unsichtbare Flüssigkeit verwandelt. **Wolken**

sind

sind daher nicht Wasserdünste, die in der Luft schwimmen, sondern das höchst fein zertheilte Wasser, welches aus dem Elastisch-Flüssigen, das es vorher bildete, bey der Zersetzung desselben niedergeschlagen worden und noch nicht zum zusammenhängenden Tropfbar-Flüssigen zusammengetreten ist. Hr. **von Saussure** schreibt diesem Nebel eine Bläschengestalt zu.

Versuch über die Hygrometrie, durch Horaz Bened. de Saussure, a. d. Franz. von J. D. T. Leipz. 1784. 8. S. 239.

§. 593. Je niedriger die Temperatur des Dampfes wird, um desto mehr wird von demselben zersetzt; und umgekehrt. Durch Substanzen von einer niedrigern Temperatur wird nämlich der Basis des Dampfes so lange Wärmestoff entzogen, bis in jenen eine gleiche Temperatur eingetreten ist: es kann also nicht mehr die ganze vorige Quantität der Basis in dem Raume des Dampfes dampfförmig bleiben; es scheidet sich also ein Antheil der Basis als Nebel ab. Es ändert sich folglich mit der Temperatur das Verhältniß der Basis des Dampfes zum Raume desselben, und dies ist es, worauf man eigentlich den Ausdruck: **Maximum der Verdampfung**, beziehen sollte. Im eingeschlossenen Raume muß diesemnach die Dichtigkeit des Dampfes desto größer werden, je höher die Temperatur wird, vorausgesetzt, daß verdampfende Substanz genug da ist.

§. 594. Hieraus ist nun begreiflich, wie in allen bekannten Temperaturen der Luft Wasserdampf bestehen könne. Nur ist bey gleichem Drucke der Luft das Verhältniß der Basis zum Raume des Dampfes,

oder das Maximum der Verdampfung (§. 593.), um desto kleiner, je niedriger die Temperatur der Luft ist.

§. 595. Allerdings können Dämpfe auch dadurch zersetzt werden, daß sie mit Materien in Berührung kommen, welche die Basis des Dampfes stärker anziehen, als sie vom Wärmestoffe angezogen wird.

§. 596. Ein drittes Mittel zur Zersetzung des Dampfes ist seine Zusammendrückung. Seine Masse kann nicht, wie die der Luft, bey bleibender Temperatur in einen engern Raum gebracht werden, ohne daß nicht ein Antheil des Dampfes zersetzt würde, um bey bleibender Temperatur das Maximum der Verdampfung (§. 593.) zu erhalten. Dieses Maximum der Verdampfung würde überschritten werden müssen, wenn bey bleibender Temperatur sein Raum verengert werden sollte. Bey gleicher Temperatur kann also die Dichtigkeit des Dampfes nicht vermehrt werden. Bey größerm Drucke der Atmosphäre ist deshalb eine größere Menge des latenten Wärmestoffes zur Bildung des Dampfes aus einerley Quantität der Basis desselben nöthig, als bey einem geringern Drucke. Was hier von dem Drucke der Atmosphäre gesagt ist, gilt auch von dem Drucke des Dampfes durch seine Elasticität in verschlossenen Gefäßen gegen sich selbst.

Aus dem Angeführten erklärt sich die Entstehung des Nebels unter dem Recipienten der Luftpumpe, wenn man wieder Luft hinzuläßt, nachdem vorher in der verdünnten Luft Verdampfung vorgegangen war.

§. 597. Die Luft trägt zur Erzeugung der Dämpfe nichts bey. Sie ist vielmehr durch ihren Druck

der

der Dampfbildung hinderlich, und es bedarf deshalb, ohne den Druck der Atmosphäre, weit weniger absoluter Quantität von Wärmestoff, um eine und dieselbige Quantität von Basis dampfförmig zu machen, als bey ihrem Drucke (§. 581.).

§. 598. Ueberhaupt bedarf es gar nicht der **Auflösung des Wassers in der Luft**, um sich die Phänomene der Verdampfung des Wassers zu erklären, und darauf einen Unterschied zwischen wirklicher **Verdampfung** (Evaporatio) und **Ausdünstung** (Exhalatio) zu begründen. Jede Ausdünstung ist vielmehr eine wahre Verdampfung, die bey einer niedrigern Temperatur der Luft nur deswegen langsamer und in geringerer Menge Statt findet, weil dann eine geringere Quantität des Wärmestoffes zugegen ist, der durch seine Cohärenz mit der Basis diese dampfförmig machen muß. Bey der Ausdünstung geschieht die Verdampfung nur an der Oberfläche, beym Sieden auch im Innern der Flüssigkeit. Die Gründe für die Auflösung des Wassers in der Luft und die dadurch bewirkte Ausdünstung hat Hr. **de Luc** umständlich und gründlich widerlegt. Ich werde in der Folge beym Wasser auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

de Luc nouvelles idées sur la météorologie, T. I. II. à Londres 1786. 8. J. A. de Luc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Franz. Th. I. II. Berlin u. Stettin 1787. 1788. 8. Zweyter Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie, über die Wärme, das Schmelzen und die Verdunstung; in Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 402. Dritter Brief des Hrn. de Luc, über die Dämpfe, die luftförmigen Flüssigkeiten und die atmosphärische Luft; ebendaselbst Th. III. S. 132. Ebendesselben Prüfung einer Abhandlung des Hrn. Monge über die Ursach der hauptsächlichsten Phänomene der Meteorologie; in Grens Journ. d. Phys. B. VI. S. 121.

Zu den hauptsächlichsten Vertheidigern der Auflösung des Wassers in der Luft, als Ursach der Ausdünstung, gehören: Hr. Le Roi (Mémoire sur l'élévation et la suspension de l'eau dans l'air; in den *Mémoires de l'acad. roy. des sc. de Paris*, 1751. S. 481.), und Hr. Hube (über die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre, Leipz. 1790. 8.).

§. 599. Auf die Zersetzung der Dämpfe durch Abkühlung oder Erniedrigung ihrer Temperatur gründet sich übrigens:

1) Die Operation des **Destillirens** (Destillatio) und des **Sublimirens** in der Chemie;

2) **Wilkens** und **Berretray's Luftpumpen** durch Wasserdämpfe.

Wilke, in den schwedischen Abhandl. 1769. B. XXXI. S. 31. ff. Beschreibung von des Hrn. Abbé Cajet. Berretray Luftpumpe; in Grens Journ. d. Phys. B. VI. S. 86. ff.

§. 600. Eine Substanz dem Einflusse des Wärmestoffes aussetzen, um sie in expansibele Flüssigkeit überhaupt, es sey in Dampf oder in Gas, zu verwandeln, heißt sie **verflüchtigen**. Materien, die sich durch die Hitze in expansibele Flüssigkeiten verwandeln lassen, nennt man **flüchtig** (Corpora volatilia), und setzt ihnen die **feuerbeständigen** (Corpora fixa) entgegen, welche der Verflüchtigung im Feuer widerstehen. Diese Ausdrücke sind indessen nur relativ, und vielleicht ist keine Materie absolut feuerbeständig zu nennen. Viele Stoffe, die in unserer stärksten Hitze feuerbeständig erscheinen, können durch Hülfe anderer flüchtiger Substanzen, mit denen sie sich chemisch verbinden, flüchtig werden. Man nennt dies eine **Mitverflüchtigung**.

Beyspiele der Mitverflüchtigung giebt die Kieselerde mit Flußsäure; des Eisens durch salzichte Säure; des Kupfers durch eben dieselbige; der Kohle durch Sauerstoff.

Gas=

Gasbildung.

§. 601. Mehrere Materien werden durch den Wärmestoff in elastische Flüssigkeiten, die nicht, wie die Dämpfe, durch Erniedrigung der Temperatur oder durch Zusammenpressung ihre elastische Form verlieren, also in Luft oder Gas (§. 136.) verwandelt, wovon in der Folge mehrere Beyspiele vorkommen werden.

§. 602. Diese Gasarten bestehen auch, wie die Dämpfe, aus einer Basis, die ihren ponderabeln Antheil ausmacht, und aus dem Wärmestoffe, der jene elastisch=flüssig macht. Die Ursach ihres Unterschiedes von den Dämpfen liegt in der Art und Weise der Verbindung beyder Bestandtheile, die bey den Gasarten sich wechselseitig aufgelös't haben, bey den Dämpfen hingegen nur zusammenhängen.

§. 603. Daß der Wärmestoff die Ursach von der Bildung der Gasarten und ihrer elastischen Form sey, erhellet daraus: daß zur Bildung eines jeden Gas Wärmestoff nöthig ist; daß durch die Zersetzung eines Gas Wärmestoff entwickelt wird; und daß die Basis des zersetzten Gas so viel wiegt, als das Gas selbst.

§. 604. Alle Materien, welche luftförmig werden können, werden es schon in jeder Temperatur, die wir kennen, so bald sie von andern Materien getrennt werden, mit denen sie vorher verbunden waren. Deshalb können wir eigentlich die Grundlage keiner einzigen Gasart für sich, darstellen, sondern wir kennen sie nur entweder in Verbindung mit dem Wärmestoffe als Gas oder in Verbindung mit andern

Mate-

Materien, mit denen sie im liquiden oder festen Zustande sind.

§. 605. Alle Gasarten werden nur dadurch zersetzt, daß andere Materien ihre Grundlage stärker anziehen, als diese vom Wärmestoffe angezogen wird; nicht umgekehrt, durch Entziehung ihres Wärmestoffes vermittelst anderer Materien, sonst würde die Grundlage der Gasarten für sich darstellbar seyn.

§. 606. Man erhält diese luftförmigen Stoffe auf eine mannigfaltige Weise aus sehr verschiedenen Substanzen, theils bey Auflösungen, — und das Aufbrausen (Effervescentia), das man bey manchen Auflösungen gewahr wird (§. 190.), rührt eben von der schnellen Entwickelung luftförmiger Stoffe her; — theils bey der Zersetzung derselben durch Feuer, Gährung oder Fäulniß.

§. 607. Alle diese Gasarten sind in den festen oder liquiden Körpern, aus denen man sie erhält, vorher nicht als elastische, aber comprimirte, Flüssigkeit zugegen gewesen; sondern ihre Grundlage war nur darin, die aber bey ihrer Trennung sogleich durch Verbindung mit dem Wärmestoffe gasförmig wird.

§. 608. Die so wichtigen und interessanten Entdeckungen dieser Luftarten haben eigene Werkzeuge nöthig gemacht, um sie bey der Zerlegung der Körper durch Auflösung oder Feuer, wobey sie zum Vorscheine kommen, bequem aufzufangen und ohne Vermischung mit atmosphärischer Luft zu erhalten. Man begreift diese Werkzeuge unter dem Namen des pneumatisch-

matisch-chemischen Apparats (Apparatus pneumato-chemicus).

§. 609. Jede luftförmige Flüssigkeit ist stets specifisch leichter, als irgend eine tropfbare Flüssigkeit, und steigt in dieser aufwärts. Hierauf gründet sich das Wesentlichste beym pneumatisch-chemischen Apparate. Das erste Stück ist eine ovale Wanne von Holz oder verzinntem Kupfer, worin einige Zoll unter dem Rande ein Gesimse waagerecht angebracht ist. In diesem Gesimse befinden sich einige kurzhälsige Trichter neben einander, so daß ihre weitere Mündung dem Boden der Wanne zugekehrt ist. Die Wanne wird so weit mit Wasser angefüllt, daß dasselbe das Gesimse ungefähr einige Zoll hoch bedeckt. Das Gesimse selbst dient nun dazu, daß die mit Wasser gefüllten umgekehrten Gläser und Vorlagen mit ihren Mündungen auf die Löcher gestellt werden können, durch welche vermittelst der Trichter die Luftblasen in diese Vorlagen geleitet werden sollen.

§. 610. Da aber einige Luftarten bey der Berührung des Wassers davon zersetzt werden, ihren luftförmigen Zustand verlieren und damit zur tropfbaren Flüssigkeit werden; so ist diese Vorrichtung (§. 609.) nicht anwendbar, und man muß daher das Quecksilber zum Sperren anwenden. Der Preis und die Schwere des Quecksilbers machen freylich, daß man diesen Quecksilberapparat kleiner machen muß, dessen Einrichtung aber im Grunde dem vorigen ähnlich ist. Zur Wanne dient entweder recht dicht zusammengefugtes Holz oder Eisenblech.

Grens Beschreibung eines Quecksilberapparats; im Journ. der Phys. B. I. S. 201.

§. 611. Zur Entbindung der Gasarten selbst, die man durch Destillation oder Auflösung gewisser Stoffe erhält, dienen allerley Retorten, gläserne oder irdene, die man mit den zu zerlegenden Stoffen ins Sandbad, oder beschlagen in freyes Feuer legt. An die Mündung der Retorte küttet man nach Beschaffenheit der Umstände eine blecherne oder gläserne Röhre, deren untere Oeffnung unter den Trichter der mit Wasser oder Quecksilber gefüllten Wanne gesteckt wird. Wenn sich dabey zugleich solche Dämpfe erheben, die das Metall angreifen würden, so dienen gläserne Tubulatretoren mit einem am untern Ende nach oben gekrümmten langen Halse. Um die dabey zu gleicher Zeit in Dampfgestalt übergehenden Substanzen als tropfbare Flüssigkeit durch Abkühlung besonders aufzufangen, dient eine so genannte **Mittelflasche** und der sinnreiche Destillirapparat des Hrn. **Lavoisier**. Zur Entwickelung luftförmiger Stoffe bey den Auflösungen, die keine äußere Hitze erfordern, wird besonders die **Entbindungsflasche** gebraucht. Zu Vorlagen, in welche die durch das Wasser oder Quecksilber gehenden Gasarten treten, dienen gläserne Cylinder mit eingeriebenen Stöpseln oder ohne dergleichen, oder Glasflaschen. Um einige Gasarten, die sich nur langsam in dem Wasser auflösen lassen, bequem damit in Verbindung zu bringen, ist vorzüglich die **Parkersche Glasgeräthschaft** anwendbar.

Die bey der Entbindung und Auffammlung dieser Luftarten nothwendigen Handgriffe werden in den Vorlesungen selbst gezeigt.

Grens system. Handb. der Chemie, zweyte Ausg. Th. I. §. 157. ff. Beschreibung eines Glasgeräthes von J. H. Magellan, a. d. Engl. von G. T. Wenzel. Dresden 1780. 8. *Lavoisier* Traité élémentaire de chimie. T. II. S. 451. ff.

Fixirter Wärmestoff.

§. 612. Es sey eine Masse gestoßenes Eis oder Schnee in einem Gefäße so weit erkaltet, daß ein hineingestelltes Thermometer 10 Gr. Fahrenh. zeige. Man bringe das Gefäß in ein geheiztes Zimmer, so daß die kalte Masse nun einem beständigen gleichförmigen Wärmestrome ausgesetzt sey. Das Thermometer darin wird nun bis 32 Gr. steigen, aber hier still stehen, wenn auch gleich der Wärmestrom, der dem Eise zufließt, der nämliche bleibt. Die Temperatur des Eises steigt nun nicht höher, so viel Wärmetheilchen ihm auch zugeführt werden; aber es schmilzt nach und nach, und erst dann, wenn dies geschehen ist, steigt das Thermometer allmählig höher. Erhitzt man das nunmehr tropfbar-flüssige Wasser in dem Gefäße über dem Feuer noch stärker, so gelangt das Thermometer endlich an den Siedepunct, wenn das Wasser zum Kochen gekommen ist; aber nun tritt wieder der Stillstand desselben ein, und es steigt nicht höher, der dem Wasser zugeführte Wärmestrom mag noch so groß seyn, so lange nur das Wasser das Thermometer umgiebt. — Oder man vermische ein Pfund Schnee, dessen Temperatur 32 Gr. F. ist, mit einem Pfunde Wasser von 120 Gr. Nach der Richmannschen Regel (§. 547.) sollte die Temperatur des Gemisches 76 Gr. werden; sie bleibt aber 32 Gr. und ein Theil Schnee wird geschmolzen. Man vermenge ferner

ferner 8 Theile Eisenfeil von 309° F. mit einem Th. Wasser von 212°; die Temperatur des Gemenges wird nicht 290$\frac{2}{9}$° werden, sondern 212° bleiben, und ein Theil Wasser wird plötzlich verdampfen.

§. 613. Der auf das Eis wirkende Wärmestrom erhöhet also die Temperatur des Eises eben so wenig über den Gefrierpunct, als der auf das tropfbar-flüssige Wasser wirkende es über den Siedepunct erhitzen kann. Die Wirkung der Wärmetheilchen auf das Eis schränkt sich also darauf ein, die Form oder den Aggregatzustand des **Eises** zu verändern und dasselbe in tropfbar-flüssiges Wasser zu verwandeln, so wie die Wirkung derselben auf das tropfbar-flüssige Wasser bey der Siedhitze ebenfalls sich darauf einschränkt, es in Dampf zu verwandeln. So lange diese Verwandlung dauert, bleibt das Thermometer im erstern Falle auf dem Gefrierpuncte, im andern auf dem Siedepuncte unverändert stehen.

§. 614. Da die dem schmelzenden Eise oder dem siedenden Wasser mitgetheilte Wärmematerie also keine höhere Temperatur, keine vermehrte Wirkung auf unser Gefühl oder aufs Thermometer darin hervorbringt, sondern ihre thermometrische und erwärmende Kraft dadurch ganz verliert, daß sie das feste Wasser in tropfbar-flüssiges, oder dieses in Dampf verwandelt; so nennt man sie deswegen **unmerkbaren, verborgenen, figirten Wärmestoff** (§. 521.). Die Quantität der Wärmetheilchen nämlich, die zur Aenderung des Aggregatzustandes des festen Wassers in liquides, oder des liquiden in dampfförmiges verwendet werden

den muß, muß für das Thermometer und das Gefühl verloren gehen, und in der That kommt sie auch wieder als freye Wärmematerie zum Vorscheine, wenn der Dampf des Wassers zum tropfbar-flüssigen Wasser durch Zusammendrückung, oder das flüssige Wasser plötzlich zum Gefrieren gebracht wird, wie dies die Folge lehren wird. Jene Veränderungen der Form der Materie können nicht erfolgen, ohne daß nicht durch die Anziehungskräfte zwischen dem Wärmestoffe und andern Materien das Verhältniß der wechselseitigen Repulsions- und Anziehungskräfte abgeändert würde und der Wärmestoff seine so genannte Strahlung verliert und gewisser Maßen gefesselt wird.

§. 615. Man muß aber den fixirten Wärmestoff in doppelter Hinsicht unterscheiden: als **adhärirenden** und als **chemisch-gebundenen.** Die erstere Art der Fixirung findet bey der Schmelzung fester Materien, und dann bey der Verwandlung in Dampf Statt; die letztere hingegen bey der Gasbildung. Den erstern ist jeder Körper von einer niedrigern Temperatur zu entziehen vermögend; den letztern hingegen nicht.

§. 616. Ist auch der Wärmestoff, der bloß die Dilatation der thermoskopischen Substanz bewirkt, unmerkbar oder fixirt zu nennen, und noch vom freyen Wärmestoffe zu unterscheiden? Oder ist zwischen dem so genannten strahlenden Wärmestoffe und dem durch andere Materien fortgepflanzten (*Feu propagé* des **Pictet**, oder *Feu gêné* des **Prevost**) noch zu unterscheiden? Mir scheint dieser Unterschied nicht zulässig, eben weil wir den Wärmestoff nur frey nennen, der

auf

auf die thermoskopische Substanz durch Dilatation wirkt. Wenn sich ferner der Wärmestoff nur durch die Anziehungskräfte anderer Materien gegen ihn, nicht durch eigenthümliche Repulsionskraft, fortpflanzte und verbreitete; so würde die torricellische leere wärmeleer oder absolut kalt seyn müssen, und durch sie hindurch würde ein Körper nicht erhitzt werden können, wogegen doch die Erfahrungen streiten. Auch die torricellische leere ist kein eigentliches Vacuum, sondern stets mit dichterm oder dünnerm Wärmestoffe erfüllt, nach Verhältniß der Temperatur der umgebenden Mittel.

§. 617. Der Wärmestoff, der bey der Bildung liquider und elastisch-flüssiger Materien fixirt wird, muß natürlicher Weise wieder als freyer oder sensibeler Wärmestoff zum Vorscheine kommen und Temperaturerhöhung hervorbringen, wenn elastisch-flüssige Körper wieder zu tropfbar-flüssigen oder festen, oder tropfbar-flüssige wieder zu festen werden; so wie hinwiederum Temperaturerniedrigung oder Kälte entstehen muß, wenn feste Körper bey ihrem Schmelzen, oder feste und liquide bey ihrem Uebergange zu elastisch-flüssigen Materien den berührenden Stoffen den dazu nöthigen Wärmestoff entziehen. Es lassen sich hierüber folgende Gesetze festsetzen.

Grens Uebersicht der Gesetze, nach welchen sich die Capacität der Körper gegen den Wärmestoff bey Veränderung der Form ihrer Aggregation richtet, und welche zur Erklärung vieler hierher gehörigen Phänomene dienen können; im Journ. der Physik, B. II. S. 24. ff.

§. 618. I. Der freye Wärmestoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zustande

der

der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen.

§. 619. Hieraus erklärt sich:

1) Die Fixität des Gefrierpunctes im schmelzenden Schnee oder Eise (§. 612.)

de Luc Unters. über die Atmosph. Th. I. §. 438 e — g; desselben neue Ideen über die Meteorologie, §. 179.

2) Der Versuch des Hrn. **Wilke** mit Schnee und warmen Wasser (§. 612.). Ein Pf. Schnee von 32 Gr. F. mit 1 Pf. heißen Wassers von 162 Gr. F. giebt eine Temperatur von 32 Gr. Der Schnee wird völlig geschmolzen. Wenn das Wasser über 162 Gr. heiß ist, so vertheilt sich bloß der Ueberschuß über 162 Gr. gleichförmig unter das entstandene Wasser. Die Menge der vom Schnee verschluckten Wärme ist also 130 Gr.; nach Hrn. **Black** 140 Gr.

Wilke, in den schwed. Abhandl. J. 1772. B. XXXIV. S. 93.; und in den neuen schwed. Abh. J. 1782. Th. II. Crawford Vers. und Beob. S. 56. ff. de Luc neue Ideen über die Met. §. 211.

§. 620. 3) Die Erkältung bey der Auflösung **krystallinischer** Salze in Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten. Man bringe ein Luftthermometer ohne Gestell in ein Glas mit Wasser, ertheile ihm die Temperatur des Wassers und merke den Stand desselben. Man schütte dann von fein gepulvertem Salmiak oder Salpeter hinzu und rühre alles mit einer Glasröhre wohl um. So wie die Auflösung des Salzes anhebt, fängt auch gleich das Thermometer zu sinken an, und sinkt um desto schneller, je schnel-

ler

ler das Salz aufgelöſ't wird. — Noch ſtärker wird die Erkältung, wenn man fein gepulvertes kryſtalliniſches Glauberſalz in Salpeterſäure auflöſ't.

Nach den neuern Verſuchen von Walker zeigten ſich folgende Miſchungen ſehr wirkſam zur Hervorbringung künſtlicher Kälte. Die Temperatur der Materialien war 50° Fahr.

Salze.	Flüſſigkeiten.	Hervorgebrachte Temperatur.
Salmiak 5 Th. Salpeter 5 Th.	Waſſer 16 Th.	+ 10° Fahr.
Salmiak 5 Th. Salpeter 5 Th. Glauberſalz 8 Th.	Waſſer 16 Th.	+ 4° -
Salpeterſaures Ammoniak 1 Th.	Waſſer 1 Th.	+ 4° -
Salpeterſ. Ammoniak 1 Th. Sodeſalz 1 Th.	Waſſer 1 Th.	− 7° -
Glauberſalz 3 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 2 Th.	− 3° -
Glauberſalz 6 Th. Salmiak 4 Th. Salpeter 2 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 10° -
Glauberſalz 6 Th. Salpeterſaures Ammoniak 5 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 14° -
Phosphorſaures Mineralalkali 9 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 12° -
Phosphorſaures Mineralalkali 9 Th. Salpeterſaures Ammoniak 6 Th.	Verdünnte Salpeterſäure 4 Th.	− 21° -
Glauberſalz 8 Th.	Salzſäure 5 Th.	0° -
Glauberſalz 5 Th.	Verdünnte Schwefelſäure 4 Th.	+ 3° -

Die

Die verdünnte Salpetersäure bestand aus 2 Th. rauchender Salpetersäure und 1 Th. destillirten Wassers; die verdünnte Schwefelsäure aus gleichen Theilen Vitriolöhl und Wasser.

Beobachtungen über die beste Methode, künstlicher Weise Kälte hervorzubringen, von Richard Walker; in Grens neuem Journ. der Phys. B. III. S. 458. ff.

Herr Lowitz fand besonders das krystallinische ätzende Gewächsalkali und die salzichtsaure Kalkerde zur Hervorbringung von Kälte bey der Auflösung in Wasser sehr wirksam. Jenes bewirkte mit gleichen Theilen Wasser von + 13° R. eine Kälte von ½° R., und 4 Theile desselben mit 1 Th. Wasser von ½° R. erregten eine Kälte von — 7° R. Dieses zu 3 Theilen gegen 2 Theile Wasser von + 2° R. gab eine Kälte von — 15°.

Versuche über die Hervorbringung künstlicher Kälte, von Hrn. Lowitz; in Crells chem. Annalen 1796. B. I. S. 529. ff.

§. 621. 4) Die noch stärkere Erkältung beym Schmelzen des Schnees oder gestoßenen Eises mit krystallinischen Salzen und mit Salpetersäure. Weil im erstern Falle zwey feste Substanzen zugleich in die Form der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, so muß auch ihre vereinigte Wirkung stärker ausfallen, als jeder einzelnen. Uebrigens hat Herr Blagden sehr schön gezeigt, daß die größeste Kälte, die durch jedes Salz mit Schnee oder Eis beym Schmelzen hervorgebracht werden kann, diejenige ist, bey welcher eine gesättigte Auflösung eben dieses Salzes gefriert; denn nun fällt die Ursach der Erkältung weg. Durch dergleichen kalt-machende Mischungen ist es möglich, selbst im Sommer den Gefrierpunct des Quecksilbers zu erreichen.

Blagden Versuche über das Vermögen verschiedener Substanzen, den Gefrierpunct des Wassers tiefer herabzubringen; in Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 389.

Versuche über die Hervorbringung einer künstlichen Kälte, von Rich. Walker; in Grens Journ. der Phys. B. I. S. 419. Ebendesselben Vers. über das Gefrieren des Quecksilbers, ebendas. B. II. S. 358. Ebendesselben vorher (§. 620.) angef. Abh. Lowitzens (§. 620.) angef. Abh.

Herr

Herr Walker (a. a. O.) fand, daß eine Mischung von 12 Theilen Schnee oder gestoßenen Eises, 5 Theilen Kochsalz und 5 Theilen von einem Pulver aus gleichen Theilen Salmiak und Salpeter, eine Kälte von — 18° Fahr. zuwege brachte.

Zwölf Theile Schnee oder gestoßenes Eis, fünf Theile Kochsalz und fünf Theile salpetersaures Ammoniak, bewirkten eine Kälte von — 25° F.

Schnee oder gestoßenes Eis drey Theile, und verdünnte Salpetersäure zwey Theile, beyde bey 0° F. vermischt, erzeugten eine Kälte von — 46° F.

Schnee drey Theile, verdünnte Schwefelsäure zwey Theile, beyde bey + 30° F., brachten das Thermometer bis — 24°.

Gleiche Theile Schnee und verdünnte Schwefelsäure, beyde bey — 20° F. vermischt, brachten eine Kälte von — 56° F. hervor.

Um das Quecksilber zum Gefrieren zu bringen, (unter — 40° F.,) kann man also Schnee und Salpetersäure, erst jedes besonders, in einer kalt-machenden Mischungen von Schnee und Salzen erkälten, dann mit einander vermischen und das Quecksilber in einer Thermometerkugel in dieses Gemisch hineinstellen.

Herr Lowitz (a. a. O.) hat über diesen Gegenstand mehrere Versuche angestellt

Gleiche Theile Schnee und krystallinisches ätzendes Gewächsalkali, beyde von — 6½° R., brachten — 34° R. Kälte. Quecksilber unmittelbar in die Mischung gegossen, erstarrte darin sehr bald zu einem festen Körper.

Eine ähnliche Mischung bey — 11° R. gab — 40°.

Bey der Temperatur der Materialien von — 1° R. brachte mit Schnee trockenes ätzendes Gewächsalkali eine Kälte von — 21°, Aetzlauge — 27°, krystallisirtes ätzendes Mineralalkali — 21°, ätzender Salmiakgeist — 5°, kohlensaures Ammoniak — 17°, gewöhnliches Scheidewasser — 19°, rauchende Salpetersäure — 24½, concentrirte Schwefelsäure — 19°, rauchende salzichte Säure — 27½°, concentrirte Essigsäure — 22°, flüssiger Eisessig — 22°.

Bey einer Temperatur von — 2½° R. bewirkte mit dem Schnee trocknes Weinsteinalkali — 22°, salpetersaure Kalkerde — 22°, fein geriebene Spiesglanzbutter — 22°, salzichtsaure Talkerde — 24°, essigsaures Gewächsalkali — 26½°, salzichtsaures Eisen — 28½, salzichtsaure Kalkerde — 38°.

Die letztere gab bey der Temperatur der Materialien von — 13° gar — 40° R. mit dem Schnee.

Das vortheilhafteste Verhältniß von Schnee und salzichtsaurer Kalkerde zur Hervorbringung der größesten Kälte sind zwey Theile des erstern gegen drey Theile der letztern. Bey + 2° der Materialien kommt das Gemisch auf — 39°, und geht also unter den Gefrierpunct des Quecksilbers.

§. 622.

§. 622. II. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibeln in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den der Festigkeit übergehen, oder die überhaupt sich mehr verdicken.**

§. 623. Dieses Gesetz ist das umgekehrte des vorigen und eine ganz natürliche Folge davon. Die Körper, die Wärmestoff verschluckt haben, um geschmolzen zu seyn, müssen beym Gestehen denselben wieder entlassen und solcher Gestalt eine Temperaturerhöhung erleiden. Wenn das Wasser gefriert, so setzt es also die Schmelzungswärme wieder ab. Bey dem allmähligen Gefrieren läßt sich freylich wegen der in jedem Augenblicke nur unmerklich entwickelten Wärme diese nicht durchs Gefühl und Thermometer wahrnehmen; allein eben in dieser frey werdenden Wärmematerie liegt der Grund, warum das Wasser beym Gefrierpuncte der Luft nicht plötzlich und durchaus gefriert, und warum das bey einer stärkern Kälte gefrierende Wasser doch 32° so lange behält, bis es durchaus gefroren ist.

§. 624. Es erklärt sich ferner aus diesem Gesetze: 1) Warum Wasser, das durch Bedeckung mit Oehl und Ruhigstehen, ohne zu gefrieren, bis unter den Gefrierpunct erkaltet war, wenn es nun durch Schütteln oder Erschüttern, oder Umrühren, zum Gefrieren gebracht wird, ein darein gestelltes Thermometer bis 32° erhebt. 2) Warum z. B. von 1 Pf. Wasser von 32° mit 1 Pf. Schnee von 4° vermischt, fast ½ Pf. Wasser gefriert und das ganze Gemisch

auf 32° kommt. 3) Warum Salzsolutionen, die nach dem Abrauchen in der Hitze krystallisirungsfähig geworden sind, weit später erkalten, als eben so stark erhitztes Wasser von eben dem Gewichte oder eben dem Umfange, wenn sie beyde unter gleichen Umständen in ein kälteres Medium gesetzt werden. 4) Warum eine gesättigte Auflösung des Glaubersalzes, die bey der vollkommenen Ruhe in einem verstopften Glase erkaltete, ohne sich zu krystallisiren, im Augenblicke des Krystallisirens beym Schütteln sich erhitzt. 5) Warum zerfallnes Glaubersalz, Bittersalz, Mineralalkali, gebrannter Alaun, gebrannter Borax, u. dergl., bey der Vermischung mit Wasser von eben der Temperatur, Erhitzung zuwege bringen, da eben die Salze im krystallinischen Zustande Erkältung bewirken. Es wird nämlich im erstern Falle das Wasser zum festen oder Krystallisationswasser. 6) Warum sich gebrannter Gyps, und noch mehr der gebrannte ungelöschte Kalk, mit Wasser erhitzen. Das flüssige Wasser wird nämlich damit zum festen Krystallisationswasser. 7) Woher die starke Erhitzung der gebrannten Talkerde mit Vitriolöhl rührt. 8) Woher die Erhitzung der gebrannten Kalkerde, der ätzenden Alkalien, der Metalle bey der Auflösung in concentrirten Säuren kommt. 9) Warum sich Vitriolöhl, Salpetersäure, mit Oehlen vermengt, erhitzen. Sie werden nämlich dadurch zu Harzen verdickt. 10) Warum geschmolzener Talg, Fett, Harz, Wachs, so spät erkalten. 11) Warum Vitriolöhl und Wasser, Weingeist und Wasser, Essig und Wasser, Mehl und

und Wasser, mit einander bey gleicher Temperatur vermischt, eine erhöhete Temperatur erhalten.

§. 625. III. **Der freye Wärmestoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den des Dampfes übergehen.**

§. 626. Dieses Gesetz erklärt mehrere Erscheinungen: 1) Die Fixität des Siedepunctes des an freyer Luft bey unverändertem Drucke der Atmosphäre kochenden Wassers (§. 579.). 2) Die Erscheinung, daß Wasser, welches im verschlossenen papinianischen Topfe bis über den Siedepunct erhitzt ist, sogleich zum Siedepuncte zurückkehrt, so wie der Dampf durch eine Oeffnung seinen Ausgang nehmen kann. 3) Warum 8 Pf. Eisenfeil von 300° F. mit 1 Pf. Wasser von 212° vermengt nur eine Temperatur von 212° des Gemenges hervorbringen. 4) Warum offene Gefäße, worin Wasser kocht, durch das Feuer nicht merklich über den Siedepunct erhitzt werden können. 5) Warum ein Zwirnsfaden, der um ein mit Wasser gefülltes, verstopftes Medicinglas dicht gebunden ist, über der Flamme eines Lichtes nicht verbrennt. 6) Die Abkühlung der Zimmer im Sommer durch Besprengen mit Wasser, und die Methode zu Benares in Indien, Eis zu machen. 7) Das Sinken eines empfindlichen Luftthermometers unter der Glocke der Luftpumpe beym Verdünnen der feuchten Luft darunter. 8) Die starke Erkältung beym Verdunsten des Aethers, (Franklins Problem.)

Beschreibung der Art und Weise, wie man zu Benares in Ostindien Eis verfertigt, von Hrn. Lloyd Williams; in Grens Journal der Physik, B. VIII. S. 409. ff. S. 412. ff.

Ueber die bequemste Art, Wasser durch Verdunstung des Vitriolæthers gefrieren zu machen, vom Hrn. Hofr. Mayer; im neuen Journ. der Physik, B. II. S. 394. ff.

§. 627. Endlich erklärt dieses Gesetz 9) die so genannte kälte-erzeugende Kraft des lebenden Menschen in einem Medium, das über die Temperatur der Blutwärme erhöhet ist. Da nämlich der lebende Körper eine Quelle zur Entwickelung des Wärmestoffes in sich selbst hat, so würde, wenn die umgebenden Mittel von niedrigerer Temperatur den Wärmestoff nicht abführten, dieser sehr bald in dem Maaße angehäuft werden müssen, daß er nachtheiligen und tödtenden Reiz für den Körper wirkte. In einem Mittel aber, das über die Blutwärme in der Temperatur erhöhet ist, kann diese Abführung der Wärme durch dieses Mittel nicht geschehen; aber nun öffnet sich auch eine Quelle zur Abkühlung in desto reichlicherm Maaße, nämlich die Ausdünstung.

Chr. Henr. Guil. Roth diss. de transpiratione cutanea aequilibrii caloris humani conservationi inserviente. Hal. 1793. 8.

§. 628. IV. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibeln in Körpern, die aus dem Zustande des Dampfes zu tropfbar-flüssigen oder festen werden.**

§. 629. Dieses Gesetz ist wieder das umgekehrte des vorigen. Als Beyspiele zur Erklärung dienen: 1) Warum eine kleine Quantität Wasser in Dampfgestalt, z. B. bey Destillationen, weit mehr Wärme bey seinem Niederschlagen absetzt, als eine gleiche

Quan-

Quantität Wasser, wenn auch die Temperatur in beyden gleich ist. 2) Warum der Wasserdampf bey seiner Zusammendrückung und daher entstehender Vernichtung Temperaturerhöhung bewirkt; und warum unter der Glocke der Luftpumpe ein empfindliches Luftthermometer steigt, wenn man zu dem im Guerikschen Raume enthaltenen Dunste Luft läßt. Nach Hrn. **Watts** Erfahrung ist die Quantität des Wärmestoffes, der als latenter im Wasserdampfe bey gleicher Temperatur mehr enthalten ist, als im kochenden Wasser von eben dem Gewichte, so groß, daß, wenn er in einer nicht verdunstbaren Substanz von einerley Capacität und Gewicht mit dem Wasser frey und sensibel würde, die Temperatur dieser Masse um 943° erhöhen würde.

de Luc neue Ideen, S. 249—258.

§. 630. V. **Der freye Wärmestoff wird verschluckt und zum unmerkbaren, wenn Substanzen die Gasgestalt annehmen.**

§. 631. VI. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder frey, wenn Gasarten ihren luftförmigen Zustand verlieren und zum flüssigen oder festen Stoffe niedergeschlagen werden.**

Die Erfahrungen über die Gasarten, die in der Folge erst vorgetragen werden können, werden diese beyden letztern Gesetze bestätigen.

§. 632. Da das Eis von 32 Gr. F. bey seinem Uebergange zum tropfbar-flüssigen Wasser von eben dieser Temperatur nur eine bestimmte Quantität freyen Wärmestoffes verschluckt, und diese solcher Gestalt der Menge des geschmolzenen Eises proportional ist; so haben

haben Hr. Lavoisier und de la Place hierauf einen Apparat gegründet, theils die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, theils die verhältnißmäßige Quantität des Wärmestoffes zu messen, die bey der Zersetzung der Körper und der Änderung ihrer Form oder sonst beym Verbrennen frey wird. Sie nennen ihn ein Calorimeter, das freylich besser ein Thermometer heißen sollte. Sonst nennt man ihn auch den Eisapparat. Mit Unrecht sieht man alle die bey der Anstellung der Versuche damit von den Erfindern angegebenen Zahlen als Ausdrücke für die specifische Wärme der Körper an, da die mehresten die bey der Formänderung frey gewordene latente Wärme anzeigen. Erinnerungen gegen den Apparat selbst hat Hr. Wedgwood gemacht.

Lavoisier traité de chimie. T. II. à Paris 1789. S. 387. *Wedgwood*, in den *philos. transact.* Vol. LXXIV. S. 371.

Mittel, die Temperatur der Körper zu erhöhen.

§. 633. Nach den angeführten Gesetzen der Figirung und Entbindung des Wärmestoffes kann also Erhitzung oder Temperaturerhöhung in sehr vielen Fällen dadurch hervorgebracht werden, daß Materien durch ihre Einwirkung auf einander oder durch Veränderung ihrer Mischung ihre Form ändern, wobey vorher latent gewesener oder chemisch gebundener Wärmestoff frey wird.

§. 634. Es ist aber wahrscheinlich, daß Wärmestoff nicht bloß von Materien in ihrem gasförmigen

Zu-

Zustande chemisch gebunden werde, sondern daß sie ihn auch in andern Zuständen der Aggregation oder der Form wirklich chemisch gebunden enthalten können, oder ohne daß er vermögend sey, sie zu expansibeln Flüssigkeiten zu machen; und zwar, daß sie bey gleicher Masse nach ihrer verschiedenen Anziehung dazu mit verschiedenen Quantitäten desselben vereinigt sind, und daß durch die Veränderung der Mischung dieser Materien dieser gebundene Wärmestoff in größerer oder geringerer Menge daraus frey werde. Und dies wäre ein **zweytes Mittel**, wie Temperaturerhöhung unabhängig von der Formänderung entstehen kann.

§. 635. Eine **dritte** Quelle zur Entstehung der Wärme, und die vorzüglichste und hauptsächlichste für unsern Erdkörper, ist das **Sonnenfeuer**; über seine Wirkungsart kann aber erst in der Folge bey der Lehre vom Lichte die Untersnchung angestellt werden.

§. 636. Das **Verbrennen** entzündlicher Materien, oder das **Küchenfeuer**, ist ein **viertes Mittel**, Hitze zuwege zu bringen. Die Folge wird lehren, daß es hauptsächlich dadurch wirkt, daß dabey eine gasförmige Substanz zersetzt wird, und also eigentlich das oben (§. 631.) angeführte Gesetz Statt findet.

§. 637. Ein **fünftes Mittel**, Wärme zu erregen, ist endlich das **Reiben** fester Körper unter einander, das man ehemals gar für die einzige Quelle aller Temperaturerhöhung ansah. Obgleich noch nicht alle Umstände bey dieser so gewöhnlichen Erscheinung ins Licht gesetzt sind, so scheint doch so viel ausgemacht zu

seyn,

seyn, daß eine plötzliche und starke Zusammendrückung der Theile der sich reibenden Körper Statt finden muß, wenn dadurch Hitze erregt werden soll, wie auch das Geräusch, das beym Reiben immer zugegen ist, bestätigt. Vielleicht wird nun durch diese plötzliche Zunahme der Dichtigkeit der Theile ihre Capacität oder ihre specifische Wärme (§. 553.) vermindert, und so Anhäufung von freyem Wärmestoffe oder Temperaturerhöhung zuwege gebracht. Hieraus ließe sich erklären, wie bey übrigens gleichen Umständen und gleichen Körpern die Entstehung der Wärme um desto größer sey, je heftiger das Reiben geschieht oder je schneller und stärker die successiven Zusammendrückungen und Schwingungen der Theile erfolgen. Ferner lehren die Erfahrungen, daß die Leitungskraft der Körper für die Wärme auf die Erregung der Hitze vielen Einfluß habe, und daß diese bey gleicher Stärke der Reibung um desto größer sey, je schlechtere Leiter für die Wärme die reibenden Substanzen sind. Die Luft, welche die reibenden Substanzen berührt, kann daher auch Wärmetheilchen schnell genug ableiten, daß ihre Wirkung nicht bemerkbar wird, wenn die Wirkung des Reibens nur schwach ist; und wirklich fand Pictet auch im luftleeren Raume deshalb die Wirkung des Reibens größer, als im luftvollen, was zu gleicher Zeit beweiset, daß die Luft selbst die beym Reiben fester Körper erregte Wärme nicht hergiebt. Freylich kann aber beym Reiben entzündlicher Substanzen die Temperatur derselben bis zu ihrer Entzündungshitze erhöhet und dadurch Verbrennen hervorgebracht werden,

den, wobey dann die Luft allerdings zur Erzeugung der Hitze wirksam ist. Flüssige Körper können sich wegen der Verschiebbarkeit ihrer Theile nicht unter einander reiben, wie man sonst annahm. In ihnen selbst ist daher diese Art der Erregung der Wärme nicht möglich. Bey elastischen Flüssigkeiten kann jedoch durch plötzliche Zusammendrückung derselben auf eine ähnliche Art, wie beym Reiben, Wärmestoff angehäuft werden, wie die Temperaturerhöhung der Luft beym schnellen Comprimiren derselben offenbar beweiset.

Pictets Versuch über die Wärme, die durch das Reiben hervorgebracht wird; in seinem Versuche über das Feuer, S. 184. ff.

* * *

Um sich zu belehren, wie man es anfangen müsse, diejenigen, welche eine materielle Ursache der Wärme so wohl als des Leuchtens annehmen, der gröbsten Inconsequenz zu beschuldigen, lese man Herrn Alex. Nicol. Scherers Nachträge zu den Grundzügen der neuen chemischen Theorie. Jena 1696. 8.

Zwey=

Zweytes Hauptstück.

Licht.

§. 638.

Bey Tage und bey der Erhellung durch Feuer oder durch leuchtende Materien bringen die Gegenstände in unsern gesunden Augen eine Empfindung zuwege, welche jedermann unter dem Namen des **Sehens** kennt, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, von der Lage, Figur, Größe und Bewegung der sichtbaren Gegenstände urtheilen zu können.

§. 639. Die objective Ursach dieser Empfindung nennt man **Licht** oder **Lichtmaterie** (Materia lucis). Außer dem Sinne des Gesichts kann dieses Wesen freylich von keinem andern Sinne empfunden werden: da es aber das Organ des Gesichts rührt, ihm sogar beschwerlich und schmerzhaft werden kann; da wir es vermehren, vermindern, absondern, messen, figiren und versetzen können; kurz, da es im Raume und in der Zeit enthalten ist: so ist gar kein Bedenken, sein materielles Daseyn anzunehmen und ihm objective Realität zuzuschreiben.

§. 640. Der Zustand der Körper, die in unsern Augen die Empfindung des Sehens hervorbringen, heißt **Erleuchtung** oder **Helligkeit** (Claritas), welchem die **Dunkelheit** oder **Finsterniß** (Obscuritas) entgegengesetzt ist, die, wie niemand zweifelt, kein eige-

eigenes dunkel-machendes Wesen voraussetzt, sondern bloße Abwesenheit des Lichts oder auch Verminderung desselben bis auf einen Grad ist, der von uns nicht mehr empfunden werden kann.

§. 641. Diejenigen Körper, die aus sich das Licht entwickeln, und also für sich allein die Empfindung des Sehens verursachen, heißen **leuchtende Körper** (Corpora lucentia), und dahin gehören die Sonne, die Fixsterne, alle brennende Körper; alle andere Körper aber, die uns nur durch Hülfe jener sichtbar werden, heißen, wenn sie die Empfindung des Sehens bewirken, **erleuchtete** oder **erhellte Körper**.

Schwach leuchtende Körper können durch stark leuchtende aber auch ganz unsichtbar oder zu bloß erleuchteten gemacht werden, weil die gleichzeitige stärkere Empfindung in einem und demselben Organe die ungleich schwächere vermischt. So sieht man Phosphor beym Tageslichte nicht leuchten, nur erleuchtet, und die Gestirne sind unserm bloßen Gesichte dann ganz unsichtbar.

§. 642. Wenn wir durch gewisse Körper die gerade Linie unterbrechen, die von unserm Auge zu den leuchtenden oder erleuchteten Gegenständen gezogen werden kann, so können wir diese nicht mehr sehen; verschiedene andere Körper hingegen verhindern es in diesem Falle nicht, sondern wir können durch sie die leuchtenden oder erleuchteten Gegenstände wahrnehmen. Jene heißen **opake** oder **undurchsichtige Körper** (Corpora opaca); diese **durchsichtige** (Corpora transparentia, diaphana, pellucida). Die Durchsichtigkeit derselben leidet übrigens verschiedene Stufen. Sie hängt nicht von der Menge der Zwischenräume,

son-

sondern von der geradlinigen Richtung des Lichts in der Masse ab, wie weiter unten näher erläutert werden wird.

Nöthige Erinnerung hierbey wegen des Sehens vermittelst der durch Spiegel reflectirten Strahlen.

§. 643. Wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, so findet man, daß die Erleuchtung der hinter einander liegenden Lufttheilchen eine gerade Linie macht. Da aber auch erleuchtete Gegenstände nicht wahrgenommen werden können, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen durch undurchsichtige Körper unterbrochen wird, **so muß sich das Licht so wohl von den leuchtenden als erleuchteten Körpern in geraden Linien fortpflanzen.**

§. 644. Die Theilchen des Lichts, die in Einer geraden Linie sich hinter einander bewegen, nennt man einen **Lichtstrahl** (Radius lucis). Die durchsichtigen Körper (§. 642.) müssen diese Lichtstrahlen durch sich nach unserm Auge hindurchgehen lassen, sonst würden wir durch sie hindurch die sichtbaren Gegenstände nicht wahrnehmen können.

§. 645. Ein isolirter leuchtender oder erleuchteter Punct ist von allen Seiten her sichtbar; folglich verbreitet sich auch das Licht von jedem sichtbaren Puncte nach allen Richtungen zu.

§. 646. Das Licht ist also eine **expansibele Flüssigkeit**, deren Theilchen durch überwiegende Repulsionskraft in Bewegung gesetzt werden; und diese bewegen

gen sich von der Quelle aus, wo sie thätig werden, nach allen Richtungen zu, wie die Radii einer Kugel vom Mittelpuncte nach der Fläche. Wir können uns also die Verbreitung des Lichts von jedem leuchtenden oder erleuchteten Puncte als eine Sphäre von unbestimmter Größe vorstellen, deren Centrum der strahlende Punct einnimmt, und deren Radii die Lichtstrahlen sind. Bey sichtbaren Puncten auf Flächen undurchsichtiger Körper kann dieser Ausfluß des Lichts als eine Hemisphäre gedacht werden.

§. 647. Das Licht ist ferner eine **rein-expansibele Flüssigkeit.** Kein einziger Versuch kann die Schwerkraft desselben beweisen, oder darthun, daß seine Bewegung durch die Schwere in der Richtung abgeändert werde. Es zeigt sich durchaus als **inponderabele Substanz.**

§. 648. Diesemnach müßte das Licht sich ins Unendliche verbreiten, weil seine Repulsionskraft sich nicht durch sich selbst beschränken kann, und wirklich erfüllt auch das Licht nie mit Beharrlichkeit seinen Raum.

§. 649. Die Untersuchungen in der Folge werden aber wahrscheinlich machen: daß die Elasticität oder Expansibilität des Lichts nicht ursprünglich, sondern mitgetheilt ist, und daß es aus einer an sich nicht expanbeln Substanz und dem Wärmestoffe besteht, durch welchen jene ihre elastische Flüssigkeit erhält; daß es durch Anziehung anderer Materien, entweder gegen seine Basis oder gegen seinen Wärmestoff, zersetzt werden, und

so dahin gebracht werden kann, in einem begrenzten Raume, freylich nicht mehr als elastisches Fluidum, gefesselt zu werden.

§. 650. Aus der Expansibilität des Lichts folgt schon: daß es als Continuum seinen Raum erfüllen müsse; daß es also keine so genannte discrete Flüssigkeit bilden könne, deren Theilchen durch große Zwischenräume in Beziehung auf ihren Durchmesser von einander abgesondert wären; und daß es sich nicht in abgesonderten, nicht contiguirlichen, Strahlen verbreite.

§. 651. Indessen dient diese Vorstellung, daß sich das Licht in discreten Strahlen verbreite, zur anschaulichern Erklärung der folgenden Erscheinungen; die Optik läßt sich so gewisser Maaßen auf eine Geometrie des Lichtes zurückbringen. Ich werde deshalb diese Vorstellungsart im Folgenden zum Grunde legen, obgleich in der Wirklichkeit das Licht in einem contiguirlichen Strome ausfließt und auch bey der größesten Dünne ein Continuum im Raume bildet.

In der Wirklichkeit kann man ja auch nie einen Lichtstrahl darstellen; dazu müßte man das Licht durch ein unendlich kleines Loch in ein finsteres Zimmer treten lassen, dessen Unmöglichkeit jedermann einsieht.

§. 652. Die Geschwindigkeit der Ausbreitung der Theilchen des Lichts vom strahlenden Puncte ist so groß, daß die Zeit, die es braucht, um einen auf der Erde zu übersehenden Raum zu durchlaufen, für uns nicht mehr meßbar ist. Indessen ist diese Bewegung doch nicht instantan, oder ohne Zeit, wie man

ehemals

ehemals glaubte, sondern für sehr große Räume allerdings meßbar und nicht außer aller Vergleichung groß, wie die Astronomie lehrt. Den sichersten Beobachtungen derselben zufolge durchläuft das Licht den Weg von der Sonne zur Erde, oder den Raum, der dem mittlern Halbmesser der Erdbahn oder 23430 Halbmessern der Erde gleich ist, in 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Secunde. Diese Geschwindigkeit verhält sich zu der, mit welcher die Erde um die Sonne läuft, wie 10313 : 1; zu der Geschwindigkeit, mit welcher ein Punct des Aequators der Erde bey ihrer Umdrehung um die Achse geführt wird, wie 653539 : 1; und zu der Geschwindigkeit des Schalles in der Luft beynahe wie 976000 : 1. Diese Geschwindigkeit des Lichts giebt also binnen Einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographischen Meilen. Außer dieser großen Geschwindigkeit des Lichts und aus der Dauer der Empfindung in unserm Organe nach empfangener Impression läßt es sich denn auch erklären, warum ein nicht continuirlicher Strom des Lichts, der in sehr kleinen Zwischenzeiten von einem Orte her erfolgt, uns als ein continuirlicher erscheinen kann.

Römer, ein dänischer Astronom, beobachtete mit Cassini in den Jahren 1671 bis 1675 die Verfinsterungen der Jupitersmonde fleißig, und fand, daß bey den verschiedenen Stellungen der Erde in ihrem Kreislaufe um die Sonne die Zeit des Austritts des ersten Mondes aus dem Schatten des Jupiters nicht so erfolgte, als es der Berechnung nach hätte seyn müssen. Es sey z. B. (Fig. 55.) S die Sonne, T die Erde, TQM ihre Bahn um die Sonne, tc der Halbmesser dieser Bahn, I der Jupiter und BA ein Theil seiner Bahn um die Sonne, L der erste Mond des Jupiters, und Labc die Bahn dieses Mondes um den Jupiter. Wenn die Erde sich in T befindet, und der Beobachter auf derselben nimmt den Austritt des Jupitersmondes L aus dem Schatten des Jupiters in l wahr, so wird

wird er diesen Austritt etwa nach 42 St. und 30 Minuten abermals wahrnehmen, und wenn die Erde in T bliebe, in 30 mal 42 St. 30 Minuten den Austritt des Jupitersmondes aus dem Schatten des Jupiters 30 mal beobachten können. Die Erde legt aber in dieser Zeit einen Theil ihrer Bahn zurück, und langt in t an. Wenn nun das Licht Zeit braucht, um sich fortzupflanzen, so wird der Beobachter auf der Erde in t diesen Austritt später beobachten, als da die Erde in T war, und es muß folglich zu der Zeit von 30 mal 42 St. 30 Min. noch so viel Zeit hinzukommen, als das Licht braucht, um die Differenz des Raums IT und It zu durchlaufen. Römer las am 22sten Novbr. 1675 in der Akademie der Wissenschaften zu Paris eine Abhandlung über diese allmählige Fortpflanzung des Lichts vor, die er aus seinen Beobachtungen gefolgert hatte. Cassini und Maraldi widersprachen ihm (*Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1707. S. 36. und 102.); Huygens hingegen (*tr. de lumine* S. 6.) und Newton (*princ. philos. nat.* S. 207.) pflichteten ihm bey. Bradley endlich letzte durch die von ihm gemachte Entdeckung der Aberration der Fixsterne die allmählige Fortpflanzung außer allen Zweifel, und seine genauern Bestimmungen haben gelehrt, daß, wenn die Differenz des Raums IT und It dem Halbmesser der Erdbahn te gleich sey, das Licht eine Zeit von 8 Min. 7½ Secunde brauche, um ihn zu durchlaufen, oder daß das Licht, um von der Sonne bis zur Erde zu kommen, 8 Min. 7½ Sec. Zeit verwende. (*Bailly histoire d' astronomie moderne*, T. II. S. 674.). Römer selbst hat nichts von seinen Beobachtungen schriftlich hinterlassen.

Aus dieser großen Geschwindigkeit des Lichts und aus der Dauer des Eindrucks desselben auf die Netzhaut unsers Auges läßt es sich denn leicht erklären, wie uns der Ausfluß des Lichts als ein ununterbrochener Strom vorkommen könne, ungeachtet dies in der Wirklichkeit nicht immer so ist. Wenn man eine glühende Kohle schnell im Kreise schwingt, so scheint sie einen ununterbrochenen glühenden Kreis zu bilden, obgleich die Kohle an den verschiedenen Stellen desselben nach einander, nicht zugleich, ist. Hr. von Segner (Progr. de raritate luminis, Goetting. 1740. 4.) folgert hieraus, daß der Eindruck des Lichts auf die Netzhaut des Auges ½ Secunde daure. Wir wollen annehmen, daß er nur $\frac{1}{10}$ Secunde daure, so wird das Licht binnen dieser Zeit einen Weg von etwa 5 Halbmessern der Erde durchlaufen. Es könnten also successive Lichtausflüsse um 5 Halbmesser der Erde von einander abstehen und uns doch als ein continuirlicher Strom erscheinen.

Gerad:

Digitized by Google

Geradlinige Verbreitung des Lichts.

§. 653. Aus dem Satze der Trägheit folgt, daß die Lichttheilchen, die durch ihre Repulsionskraft in Thätigkeit gesetzt worden sind, wenn sie nicht durch Anziehung anderer Materien dagegen afficirt werden, in der Richtung, die sie einmal haben, beharren, folglich sich geradlinig verbreiten müssen.

§. 654. Die Lichtstrahlen also, die von einem sichtbaren Puncte ausfahren und auf die Hornhaut oder Pupille unsers Auges, oder sonst auf eine Kreisfläche fallen, müssen einen **Strahlenkegel** bilden, dessen Grundfläche an unserm Auge oder an der andern Fläche, und dessen Spitze an dem **strahlenden Puncte** ist.

§. 655. Weil die **Stärke des Lichts** (Intensitas lucis) von der Dichtigkeit desselben, und die **Stärke der Erleuchtung** von der Menge der auf eine Fläche fallenden Lichtstrahlen abhängt, so sieht man auch aus der Verbreitung des Lichts (§. 654.) leicht ein: daß **sich die Erleuchtung einer Fläche umgekehrt verhalten müsse, wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Fläche von dem strahlenden Puncte**; ferner: daß von einerley strahlendem Puncte bey gleicher Entfernung weniger Lichtstrahlen auf einerley Kreisfläche fallen müssen, wenn die Achse des Lichtkegels schief, als wenn sie senkrecht darauf ist; daß immer desto weniger Strahlen auf die Fläche fallen müssen, je schiefer der Auffallswinkel der Achse

des Lichtkegels ist; und daß die Erleuchtung der Fläche sich verkehrt verhalten müsse, wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Fläche.

Es sey c (Fig. 56.) ein strahlender Punct, aus welchem rund herum Lichtstrahlen ausfließen. Wenn ein Theil dieses Lichts von der Kreisfläche ACB aufgefangen wird, deren Durchmesser AB ist, so ist cAB ein Strahlenkegel, dessen Spitze c und dessen Grundfläche ACB ist. Die dem strahlenden Puncte c zugekehrte Seite der Kreisfläche ACB wird von demselben Erleuchtung erhalten und alles Licht empfangen, das zwischen den äußern Strahlen cA und cB an der Peripherie des Kegels enthalten ist. Wird nun diese Kreisfläche nur halb so weit vom strahlenden Puncte c in ab gestellt, so daß, wie vorher, die Achse desselbigen Strahlenkegels cC senkrecht auf ihrem Mittelpuncte steht, so wird nur der vierte Theil dieser Kreisfläche von eben den Strahlen erhellt werden, die vorher die ganze Fläche erhellten; denn die Kreisflächen verhalten sich wie die Quadrate der Durchmesser. Der Durchmesser der Durchschnittsfläche des Kegels, die bey dem auf die Achse senkrecht geführten Schnitte in der halben Entfernung derselben von der Spitze entsteht, ist also halb so groß. ABC empfängt also bey der noch einmal so weiten Entfernung von c auf ihrer ganzen Fläche nicht mehr Lichtstrahlen von c, als der vierte Theil derselben Fläche, wenn sie in ab oder in der halben Entfernung von c steht. Der Theil der Fläche, der in ab alle Strahlen eben dieses Strahlenkegels auffängt, wird also bey der doppelten Entfernung von c in AB nur den vierten Theil der Strahlen dieses Strahlenkegels empfangen, folglich bey der doppelten Entfernung viermal weniger vom strahlenden Puncte c erleuchtet werden; und die Intensität der Erleuchtung wird sich also umgekehrt verhalten, wie das Quadrat der Entfernung vom strahlenden Puncte.

Wenn ferner die Achse cC des Lichtkegels cAB nicht senkrecht auf der Fläche ACB steht, sondern diese schief dagegen, wie dB, gestellt wird, so lehrt der Augenschein, daß alsdann nicht mehr alle zwischen cA und cB enthaltene Strahlen die Fläche treffen können, sondern ein Theil vorbeygeht, und also weniger Lichtstrahlen sie erhellen müssen, als vorher.

Wenn also bey der Entfernung z. B. von 10 Fuß von der Flamme einer brennenden Wachskerze kleine Schrift mit einer gewissen Deutlichkeit gelesen werden kann, so werden bey der Entfernung von 20 Fuß vier solcher Flammen der Wachskerze nöthig seyn, um die Schrift in eben der Stärke der Erleuchtung wahrzunehmen. Doch ist dieses Exempel nicht ganz passend.

§. 656.

§. 656. Versuche, welche die Schwächung des Lichts bey seinem Fortgange im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom strahlenden Puncte beweisen, hat Hr. Graf Rumford angestellt und dazu ein sinnreiches Photometer beschrieben.

Beschreibung einer Methode, die comparativen Intensitäten des Lichts leuchtender Körper zu messen, vom Hrn. Generallieutenant Benj. Thompson, Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. d. Physik, B. II. S. 15. ff.

§. 657. Es folgt aus dem angeführten Gesetze der Schwächung des Lichts bey seiner Verbreitung (§. 655.), daß, wenn auf einer gegebenen Fläche die Stärke der Erleuchtung oder die Dichtigkeit des Lichts zweyer verschiedener Lichtquellen, (unter gleichem Auffallswinkel der Strahlen,) gleich ist, die Intensitäten oder Dichtigkeiten der respectiven Lichtmassen bey ihrem Ausflusse sich verhalten müssen, wie die Quadrate der Entfernungen dieser Lichtquellen von der Fläche.

Wenn so z. B. ein schwächeres Licht bey 4 Fuß Entfernung, und ein stärkeres Licht bey 8 Fuß Entfernung von einerley Fläche diese gleich stark erleuchten, so wird in diesem Falle die Intensität des stärkern Lichts zu der des schwächern beym Ausflusse sich verhalten, wie $8^2 : 4^2 = 64 : 16 = 4 : 1$.

Wenn ferner die Erleuchtung einer gegebenen Fläche durch ein Kerzenlicht eben so stark ist, als durch das Mondlicht, so muß die Intensität des Mondlichts bey seinem Ausflusse zu der Intensität des Lichts in der Flamme der Kerze sich verhalten, wie das Quadrat der Entfernung des Mondes von der Fläche zum Quadrat der Entfernung des Kerzenlichts von derselben.

§. 658. Die Lichtstrahlen, welche bey ihrer Entwickelung aus dem strahlenden Puncte ausfahren, entfernen sich natürlicher Weise immer weiter von einander und heißen divergirend, aus einander fahrend (Radii divergentes); und ihre Divergenz muß desto

größer seyn, je größer der Winkel an der Spitze des Strahlenkegels ist. Sonst können aber auch Lichtstrahlen, (wie dies in der Folge erhellen wird,) von einer Fläche nach einem Puncte hin zusammenlaufen oder **convergiren** (Radii convergentes); und es muß ebenfalls die **Convergenz** derselben desto größer werden, je näher die Spitze des Strahlenkegels nach der Grundfläche desselben zu tritt.

Es sey (Fig. 57.) AB eine Kreisfläche, die vom strahlenden Puncte c Erleuchtung erhält, so ist cAB ein Strahlenkegel, und der Winkel, welchen die zwey äußern Strahlen an entgegengesetzten Puncten der Peripherie A und B mit einander in c machen, AcB. Wird dieselbige Grundfläche dem strahlenden Puncte c näher gestellt, wie in ab, so wird der Winkel acb, den nun die äußern Strahlen an den entgegengesetzten Puncten a und b der Peripherie bilden, größer; die Größe der Divergenz der Strahlen wird so aus der Größe des Winkels in c beurtheilt.

Es laufe ferner ein Strahl (Fig. 58.) von A nach c, und ein anderer von B nach c, so heißen sie nun convergirend, und die Größe ihrer Convergenz wird durch den Winkel AcB ausgedrückt. Wenn nun eben diese Strahlen früher zusammentreffen, wie Af und Bf, so wird der Winkel AfB größer seyn, und man sagt, ihre Convergenz sey größer.

§. 659. Wenn die Fläche, welche die divergirenden Strahlen von einem strahlenden Puncte auffängt, sich weiter vom letztern entfernt, so wird auch der Winkel der äußersten an entgegengesetzten Puncten der Peripherie der Fläche auffallenden divergirenden Strahlen kleiner, und bey einer sehr großen Entfernung endlich so klein, daß der Winkel für uns ganz verschwinden, und daß man die auffallenden Strahlen als **parallel** ansehen kann, die also dann einen **Strahlencylinder** zu bilden scheinen.

§. 660.

§. 660. In einem freyen Mittel würde die Stärke des Lichts paralleler Strahlen bey ihrem Fortgange nicht vermindert werden; sie wird es aber in durchsichtigen Körpern, weil diese nicht völlig und nie so durchsichtig sind, daß sie gar keine Strahlen aufhalten sollten. Ueberhaupt aber nimmt die Stärke des Lichts darin nach einer geometrischen Progression ab, wenn das Medium homogen und gleichförmig dicht ist.

Es sey ein durchsichtiges Medium, von homogener Natur, dessen Dichtigkeit in allen Theilen gleichförmig sey, und worin also das Verhältniß der Theile, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlassen, einerley sey in dem Ganzen, wie in einzelnen Schichten des Ganzen. Man denke sich nun das ganze Medium in gleiche Schichten abgetheilt, so ist klar, daß, wenn das Verhältniß der Theilchen des Raums, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlassen, wie $x : 1$, und die Lichtmenge, die als parallel in die erste Schicht tritt, durch 1 ausgedrückt wird, der davon aufgehaltene Theil $\frac{1}{x}$ seyn wird. Die durch die erste Schicht durchgehende Lichtmenge wird also $1 - \frac{1}{x}$ seyn; in der zweyten Schicht des Mediums wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{1}{xx}$ aufgefangen werden, folglich wird durch diese zweyte Schicht nur die Menge des Lichts gehen, die durch $1 - \frac{1}{x} - \frac{1}{x} + \frac{1}{xx} = 1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$ ausgedrückt wird. In der dritten Schicht wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{2}{xx} + \frac{1}{xxx}$ wieder aufgehalten werden, folglich wird durch diese dritte Schicht nur die Lichtmenge $1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} - \frac{1}{x} + \frac{2}{xx} - \frac{1}{xxx} = 1 - \frac{3}{x} + \frac{3}{xx} - \frac{1}{xxx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$ hindurchgehen und zur vierten gelangen; u. s. w. Wenn also die Stärke des Lichts, d. i.: die Menge des Lichts, das in parallelen Strahlen auf die erste Schicht trifft, durch 1 ausgedrückt wird, so ist sie auf der zweyten gleichen Schicht $= 1 - \frac{1}{x}$, auf der dritten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$, auf der vierten

(1

$\left(1-\frac{1}{x}\right)^3$. Sie nimmt folglich in einer geometrischen Progression ab. Sind die Strahlen divergirend, so nimmt es auch noch über dies in der Progression: 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ ꝛc., in den auf einander folgenden homogenen, gleichen, Schichten ab; und aus beyden Progressionen folgt, daß das Licht dann in der Progression: $1-\frac{1}{x}$, $\frac{\left(1-\frac{1}{x}\right)^2}{4}$, $\frac{\left(1-\frac{1}{x}\right)^3}{9}$ u. s. w. abnehme.

Scherffer institutiones physicae, P. II. S. 416. ff. 306. ff.

§. 661. Um die Schwächung des Lichts beym Durchgange durch durchsichtige Mittel zu messen, dient ebenfalls das vorhin erwähnte Rumfordsche Photometer (§. 656.). Minder genau und zuverlässig sind die von Bouguer und Lambert angestellten Versuche.

Herr Graf von Rumford fand, daß das Licht einer Argandschen Lampe beym Durchgange durch eine Tafel von hellem, durchsichtigen, gut polirten Spiegelglase in dem Verhältnisse von 0,1864 zu 1,0000 geschwächt wurde, oder daß nur 0,8136 der ganzen Lichtmenge, die auf die Glasfläche fiel, durch das Glas hindurch ging. Nach einem Mittel mehrerer Versuche fand er den Lichtverlust 0,1973; bey einer andern Glastafel von derselbigen Glasart im Mittel 0,1869: durch beyde Glastafeln zusammen war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,3184. — Bey einer sehr dünnen reinen Tafel von hellem weißen Fensterglase war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,1263. — Die Durchsichtigkeit der Luft fand Hr. Gr. von R. so groß, daß die Verminderung, welche das Licht beym Durchgange durch einige Fuße derselben erleidet, unbemerkbar war. Beym Durchgange durch sehr große Räume der Luft wird das Licht aber allerdings merklich geschwächt, die Berechnungen aber, welche Bouguer und Lambert angestellt haben, beruhen auf gar keinen sichern Datis.

Rumfords o. a. Abh. S. 43. ff.

Bouguer traité d'optique sur la gradation de la lumière. à Paris 1729. 12. 1760. gr. 4. *I. Henr. Lambert* photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vind 1760. 8.

Saußure's Diaphanometer. S. Grens neues Journ. der Physik. B. IV. S. 101. ff.

§. 662.

§. 662. Durch undurchsichtige Körper wird das Licht in seinem Fortgange unterbrochen. Diese Unterbrechung des Lichts nennt man **Schatten** (Umbra), dessen Dunkelheit von der geringern oder größern Erleuchtung durch benachbarte erleuchtete Gegenstände herrührt. Schatten ist daher Abwesenheit des Lichts oder Verminderung desselben, und jeder opake Körper hat so viele Schatten, als ihn leuchtende Körper erhellen. Der Schatten ist eigentlich keiner Bewegung fähig; und vollkommener Schatten ist nur durch seine Grenzen erkennbar.

§. 663. Aus der gleichen Stärke zweyer Schatten, die ein und derselbige dunkle Körper von zwey leuchtenden Körpern auf einerley Fläche wirft, und wovon also der dem einen Lichte zugehörige Schatten durch das andere Licht, und umgekehrt, erhellt wird, folgt die Gleichheit der Intensität der Erleuchtung durch beyde leuchtende Körper; und daraus läßt sich dann nach §. 657. weiter die Intensität des Lichts bey seinem Ausflusse finden. Hierauf gründet sich das Rumfordische Photometer.

§. 664. Nicht allein die Seite des dunkeln Körpers, auf welche keine Lichtstrahlen von einem strahlenden Puncte fallen, steht im Schatten, sondern jener wirft auch einen Schatten auf andere hinter ihm stehende Körper, da die Lichtstrahlen in gerader Linie fortgehen (§. 653.). Diese letztere Art des Schattens heißt **gerader Schatten** (Umbra recta), wenn er auf eine Horizontalebene fällt, auf welcher der dunk-

le

le Körper vertikal steht; und **umgekehrter Schatten** (Umbra versa), wenn er auf eine gegen den Horizont vertical stehende Ebene durch einen horizontal stehenden dunkeln Körper, wie z. B. durch einen Stab, der in einer Mauer steckt, gemacht wird.

§. 665. Aus der geradlinigen Ausbreitung des Lichts folgt: daß die Figur des Schattens von den äußern Lichtstrahlen, die an der Grenze des dunkeln Körpers zunächst vorbeystreichen, bestimmt werde; daß der Schatten des Körpers bey seinem Fortgange breiter werde, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkle; daß der Schatten des Körpers abnehme, wenn der Durchmesser des leuchtenden Körpers bey derselbigen Entfernung vom dunkeln Körper größer wird; daß der Schatten einer dunkeln Kugel cylindrisch sey, wenn sie gleichen Durchmesser mit der leuchtenden hat; conisch, wenn sie beyde ungleichen Durchmesser haben; daß im letztern Falle der Schatten die Figur eines umgekehrten abgekürzten Kegels habe, und bey seinem Fortgange unbegrenzt sey und immer breiter werde, wenn der Durchmesser der dunkeln Kugel größer ist, als der leuchtenden; und endlich, daß der Schatten in eine Spitze auslaufe, wenn der Durchmesser der leuchtenden Kugel größer ist, als der dunkeln. Ferner ist die Länge des geraden Schattens auf einer horizontalen Ebene ohne Grenzen, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkle, und nicht höher steht, als der dunkle; steht er aber höher, als der dunkle, und ist er als ein Punct zu betrachten, so ist die Länge die-

ses geraden Schattens begrenzt und verhält sich zur Perpendicularhöhe des dunkeln Körpers, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es sey (Fig. 59.) AB ein dunkler Körper, der auf der Horizontalebene BD vertical steht. In S sey ein leuchtender Punct, der nun gegen die ihm zugekehrte Seite des Körpers AB Lichtstrahlen sendet. Die abgewendete Seite von AB steht aber dagegen im Schatten, und der Körper AB verhindert auch, daß in der Länge BC Licht auf die Horizontalebene BD falle. SAC ist der erste Lichtstrahl, der von S auf die Ebene fallen kann, und begrenzt so die Länge des Schattens BC. Die Höhe des leuchtenden Punctes S über AB wird durch den Winkel SCB gemessen, dessen Sinus AB ist. Da BC dem Cosinus AF gleich ist, so sieht man leicht, daß CB : AB = AF : AB, oder daß sich die Länge des Schattens zur Höhe des Objects verhält, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es folgt hieraus, daß, wenn die Höhe des leuchtenden Punctes über der Horizontalebene, auf welcher der dunkle Körper senkrecht ist, 45° beträgt, die Länge des geraden Schattens gleich der perpendiculären Höhe des Objects ist.

§. 666. Von diesem **wahren Schatten** oder **Kernschatten** (§. 662. — 665.) ist noch der **Halbschatten** (Penumbra) zu unterscheiden, der zwischen Schatten und Licht liegt, wohin erleuchtende Strahlen nur von einigen Puncten des leuchtenden Körpers, nicht aber von allen fallen können. Er findet daher Statt, so oft der leuchtende Körper einen merklichen Durchmesser hat, und ist um desto größer, je größer der scheinbare Durchmesser des leuchtenden Körpers gegen den des dunkeln Körpers ist.

Die Grenzen des Kernschattens sind da, wo, wenn sich das Auge daselbst befände, der leuchtende Körper von demselben ganz gesehen zu werden aufhören würde; und die Grenze des Halbschattens ist da, wo ein Theil des leuchtenden Körpers verdeckt zu werden anfängt. Es sey (Fig. 60.) Sl die Sonne, AB der Durchschnitt einer auf der Horizontalebene BE senkrecht stehenden Mauer. So lange sich das Auge in ED befindet, kann es die Sonne ganz sehen; so wie es nach D kommt, wird der untere Rand l der Sonne die

Grenze

Grenze von A zu berühren scheinen, und hier fängt der Halbschatten an, der bis nach C reicht. Innerhalb CD kann zwar Licht von einigen, aber nicht von allen Puncten der Sonnenscheibe fallen, und zwar immer von desto wenigern, je näher der Raum gegen C zu liegt. In C ist die Grenze des Kernschattens, und ein Auge in C empfängt den äußersten Strahl von dem obern Rande S der Sonnenscheibe, und zwischen C und B kann es gar nichts mehr davon sehen. Der Halbschatten wird daher auch um desto dunkler, je näher er der Grenze des Kernschattens liegt, und verwischt sich um desto mehr, je näher er der Grenze der vollkommenen Erleuchtung kommt. Wird nun auch noch von andern Puncten zurückstrahlendes Licht auf die im Halbschatten liegende Fläche geworfen, so ist er auch wohl gar nicht mehr gehörig in seiner Grenze zu unterscheiden.

Aus diesem Halbschatten ist es herzuleiten, warum bey Mondfinsternissen vor der wirklichen Verfinsterung der Mond schwächer erleuchtet zu werden anfängt. Es sey (Fig. 61.) S die Sonne, T die Erde, L der Mond, AB ein Theil seiner Bahn um die Erde. Da der Durchmesser der Sonnenkugel größer ist, als der der Erdkugel, so ist der conische Kernschatten der letztern begrenzt (§. 665.) und läuft in eine Spitze aus, wie VPp. Er wird begrenzt durch die Strahlen MQV und mqV. Man ziehe nPA und NpB, so bestimmen diese die Grenze der anfangenden Halbschatten AD und BC. Wäre ein Auge in A, so würde es noch die ganze Sonnenscheibe zuletzt sehen, innerhalb AD und BC aber nur einen Theil derselben. So wie also der Mond in den Raum AD tritt, so empfängt er nicht mehr von der ganzen Sonnenscheibe, sondern nur von einem Theile derselben, Licht; er erscheint also minder erleuchtet, wird blässer oder dunkler, und dies um desto mehr, je näher er nach D kommt, wo der wahre Schatten anfängt. Eben so ist es bey seinem Austritte aus dem wahren Schatten bey C, wo er immer heller zu werden anfängt, je näher er nach E kommt.

Die Länge des Kernschattens TV läßt sich bestimmen, wenn die Entfernung der Erde von der der Sonne TS = po, und der Halbmesser Tp der Erde und Sm der Sonne bekannt sind. Die äußersten Strahlen MP und mp berühren beyde Kugeln und laufen in V zusammen. Wenn daher Sm und Tp auf der Tangente mpV senkrecht sind, und qo mit TS parallel ist, so sind die Dreyecke moq und pTV ähnlich, und es ist mo : oP (oder ST) = Tp : TV. mo aber ist = Sm — Tp. Folglich ist $TV = \frac{Tp \times ST}{Sm - Tp}$.
Oder auch, weil die Dreyecke SMV und TPV ähnlich sind, so ist SM : TP = SV : TV, oder SM : TP = ST + TV : TV, folglich SM — TP : TP = ST : TV, und daher $TV = \frac{TP \times ST}{SM - TP}$; oder die Länge des Kernschattens der Erde ist gleich dem Producte aus dem Halbmesser der Erde

in die Entfernung des Mittelpuncts der Sonne vom Mittelpuncte der Erde, dividirt durch die Differenz des Halbmessers der Sonne und der Erde.

Zurückstrahlung des Lichts.

§. 667. Die Lichtstrahlen, welche durch einen Körper in ihrem Fortgange aufgehalten, sonst aber davon nicht angezogen werden, werden wieder zurückgeworfen. Diese Veränderung der Richtung des Lichts, wodurch es wieder in das Mittel, aus welchem es kommt, zurückgeschickt wird, heißt die **Zurückstrahlung** oder **Reflexion des Lichts** (Reflexio lucis); und das allgemeine Gesetz derselben ist: **daß der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist.**

§. 668. Die physische Ursach der Zurückstrahlung des Lichts von Flächen ist die eigene Expansivkraft des Lichts selbst, beym Mangel der Anziehung zwischen der reflectirenden Fläche und der ganzen darauf fallenden Lichtmasse oder eines Theils derselben. Die schief auffallenden Lichtstrahlen werden nicht eigentlich unter einem scharfen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht, deren erhabene Seite gegen die Fläche gekehrt ist.

Man hat diese Zurückstrahlung des Lichts nach den Gesetzen des Stoßes federharter Körper an harte Flächen (§. 299.) zu erklären gesucht, aber dabey offenbar die Expansivkraft oder eigentliche Elasticität mit der Federhärte (§. 126.) verwechselt. Newton (Opt. L. II. P. 3. prop. 9.) leitet weit natürlicher die Zurückwerfung des Lichts von eben derselbigen Ursach her, von der auch die Brechung abhängt, nur daß sie unter verschiedenen Umständen sich anders äußert. Dasjenige Licht nämlich, das durch den Körper nicht hindurch geht oder von ihm nicht angezogen wird, wird durch die

die reflectirende Fläche so abgestoßen, als ob eine Repulsionskraft in dieser Fläche selbst wäre. Er zeigte auch, daß die schief auffallenden Lichtstrahlen nicht eigentlich unter einem spitzen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht werden, deren erhabene Seite gegen die Fläche zu gekehrt ist. Ist diese Krümmung so stark geworden, daß die Lichttheilchen parallel gegen die Zurückstrahlungsfläche gehen, so kann es sich derselben nicht weiter nähern, sondern weicht nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte in eben der Bahn zurück, als es ankam, bis es, wenn es aus dem Wirkungskreise der Fläche getreten ist, nach der Tangente der Curve geradlinig, und, wie leicht einzusehen ist, unter eben dem Winkel gegen die reflectirende Fläche, als es ankam, zurückstrahlt. Der Strahl dringt desto tiefer in den Wirkungskreis der Repulsion ein, je gerader er auf der zurückstrahlenden Fläche steht.

Alles dieses läßt sich nun eben so erklären, wenn man annimmt, daß eine Expansivkraft die Lichtmaterie selbst afficirt, der, wenn sie nicht durch Bindung oder Einsaugung des Lichts von der Materie des Körpers ganz aufgehoben wird, desto mehr widerstanden wird, je näher das Lichttheilchen der Materie kommt, die nicht damit cohärirt. Bey dem schief einfallenden Strahle laßt sich nach der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte seine bewegende Kraft in eine perpendiculäre und parallele, in Ansehung der Fläche, auf welche er fällt, zerlegen. Es sey LMNO (Fig. 62.) ein solcher reflectirender Körper, LM seine reflectirende Fläche, Ai ein schief darauf fallender Lichtstrahl. Der Bewegung des Lichttheilchens werde schon in CD von der Fläche LM zu widerstehen angefangen. Die Bewegung desselben in der Richtung Ai kann zerlegt werden in die Kräfte nach den Richtungen AP und Pi. Nur die Perpendiculärkraft Pi kann Widerstand erleiden, nicht die Parallelkraft AP. Je mehr nun das Lichttheilchen unterhalb CD sich der Fläche LM nähert, desto mehr wird seine Expansivkraft thätig, die es von LM zu entfernen strebt. Die Perpendiculärgeschwindigkeit Pi leidet desto mehr Verminderung, je näher das Lichttheilchen gegen LM kommt. Die parallele AP kann keine erleiden. Der Lichtstrahl beschreibt also eine Curve io. Ist das Lichttheilchen in o gekommen und seine vorige Perpendiculärgeschwindigkeit Pi nun ganz aufgehoben, so würde es nach der mit der Fläche LM parallel laufenden Richtung fortgehen; die gegen LM aber thätig gewordene Expansivkraft treibt es wieder nach der Richtung hE = iP; und da sie immer um desto kleiner wird, je weiter sich das Lichttheilchen von LM entfernt, so beschreibt es von o an die andere Hälfte der Curve oh eben so, als es bey seiner Ankunft io beschrieb, und geht bey h, wo die Thätigkeit der Expansivkraft nicht weiter zunimmt, nach der Tangente hB geradlinig fort. Ai und Bh sind Tangenten der von dem Scheitel o der Curve gleich weit entfernten Puncte, und oi und oh sind gleich; daher sind auch

auch die Winkel, welche die Tangenten Ai und Bh mit LM zu machen scheinen, oder AFL und BFM, gleich. Obgleich also das Licht nicht eigentlich unter scharfen Winkeln zurückgeworfen wird, so können wir doch in der Folge die Sache so betrachten, weil die Lichtstrahlen eben so zurückgeworfen werden, daß, wenn sie bis zur Berührung der reflectirenden Fläche verlängert würden, sie daselbst einen scharfen Winkel bilden würden.

Carol. Benvenuti Diss. de lumine. Rom. 1754. Vienn. 1761. 4.

§. 669. Wenn man daher einen Sonnenstrahl in einem finstern Zimmer mit einem gemeinen Spiegel auffängt, so findet man, daß der Strahl von dem Spiegel in gerader linie unter eben dem Winkel wieder zurückgeht, welchen der auffallende Strahl mit dem Spiegel machte. Es sey AB (Fig. 63.) der Planspiegel. Der Strahl DC, welcher von dem leuchtenden Körper nach dem Spiegel hingeht, heißt **der einfallende Strahl** (Radius incidens); die gerade linie, welche auf den Einfallspunct C senkrecht gegen den Spiegel gezogen werden kann, oder FC, heißt das **Einfallsloth** (Cathetus incidentiae); der Winkel DCF, welchen der einfallende Strahl mit diesem Einfallslothe macht, der **Einfallswinkel** (Angulus incidentiae); der Strahl CG, der vom Spiegel zurückgeht, der **zurückgeworfene Strahl** (Radius reflexus); und der Winkel GCF, welchen er mit dem Einfallslothe bildet, der **Zurückstrahlungswinkel** (Angulus reflexionis).

§. 670. 1) **Der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden und dem Einfallslothe in einerley Ebene. 2) Jeder perpendiculär auffallende Strahl wird**

wird von einer reflectirenden Ebene in sich selbst zurückgeworfen. 3) Jeder Punct einer reflectirenden Ebene reflectirt das Licht von allen Puncten des leuchtenden oder erleuchteten Objects.

§. 671. Aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 667.) folgt ferner, daß, wenn der reflectirende Körper eine **ebene Fläche** ist, die darauf fallenden parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen bey der Reflexion denselben Parallelismum, dieselbe Divergenz oder Convergenz behalten, die sie vor dem Einfallen hatten.

1) Es sey AB (Fig. 64.) eine reflectirende ebene Fläche, auf welche die parallelen Strahlen EC, ec auffallen. Da sie parallel sind, so sind auch ihre Einfallswinkel ECD und ecd gleich; unter eben solchen Winkeln aber werden sie zurückgeworfen. Da also die reflectirten Strahlen CF und cf eben die Winkel mit den Einfallslothen DC und dc machen, so sind sie auch noch, wie vorher, parallel.

2) Es sey C (Fig. 65.) ein strahlender Punct, von welchem die divergirenden Lichtstrahlen CD und CF nach der ebenen Zurückstrahlungsfläche AB gehen. Da sie unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen, so wird der Strahl CD von D nach E, und der Strahl CF von F nach G zurückgeworfen. Wenn wir nun diese reflectirten Strahlen rückwärts hinter der Ebene AB verlängern, so laufen sie in c zusammen, und der Winkel DcF ist gleich dem Winkel DCF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und nicht später aus einander, als sie es gethan haben würden, wenn sie von c ausgegangen wären, und der Winkel ihrer Divergenz ist derselbige.

3) Es fahren die Strahlen ED und GF (Fig. 66.) so gegen die reflectirende Ebene AB, daß, wenn diese nicht da wäre, sie zusammenlaufen würden. Sie werden davon aber unter dem Winkel reflectirt, unter welchem sie auffielen, und der Strahl ED geht nach f, der Strahl GF auch nach f. Wenn wir die einfallenden Strahlen in Gedanken hinter der Fläche AB verlängern, so laufen sie in C zusammen und bilden den Winkel der Convergenz DCF gleich dem Winkel DfF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und später zusammen, als ohne die Reflexion. Ihre Convergenz bleibt also dieselbige.

§. 672. Wenn aber auch die reflectirende Fläche nicht eben, sondern **krumm**, z. B. sphärisch ist, so läßt sich aus diesem allgemeinen Gesetze der Reflexion der Weg der reflectirten Strahlen ebenfalls bestimmen, da man die Elemente dieser Fläche als aus unendlich kleinen einen Winkel einschließenden geraden Flächen bestehend ansehen kann, und ein Lichtstrahl nur auf einen Punct fällt.

§. 673. 1) Der Lichtstrahl, welcher auf eine **concave sphärische reflectirende Fläche** fällt und durch den Mittelpunct der Kugel geht, wovon die Fläche einen Theil begrenzt, wird in sich selbst zurückgeworfen, da er senkrecht darauf steht. 2) Lichtstrahlen, welche parallel mit einander auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fallen und der Achse der Fläche unendlich nahe sind, nähern sich nach der Reflexion und vereinigen sich in einem Puncte, welchen man den **Brennpunct** oder **Vereinigungspunct paralleler Strahlen**, oder auch schlechtweg den **Brennpunct** (Focus) nennt. Diese Strahlen treffen in der Entfernung des halben Halbmessers der Kugelfläche zusammen. Diese Entfernung heißt die **Brennweite** (Distantia focalis). 3) Wenn aus dem Brennpuncte divergirende Strahlen nach der concaven sphärischen Fläche zu gehen, so werden sie alle parallel zurückgeworfen werden; folglich wird das Licht dadurch auf eine große Weite ungeschwächt fortgepflanzt. 4) Ueberhaupt werden divergirende Strahlen von dieser Fläche als weniger divergirend, oder als parallel, oder als convergirend zurückgeworfen, je nachdem

dem die Entfernung des strahlenden Punctes von der Fläche kleiner oder größer ist. Convergirende Strahlen aber werden als mehr convergirend zurückgeworfen. 5) Wenn endlich die auffallenden Strahlen bey dieser concaven sphärischen Fläche aus dem Mittelpuncte der Kugelfläche kommen, so werden sie alle in sich selbst zurückgeworfen, da sie alle auf der Fläche senkrecht stehen. Wenn wir die Distanz des strahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen sphärischen Fläche d, den Radius der Krümmung dieser Fläche r nennen, so ist in allen Fällen die Entfernung des Vereinigungspunctes der darauf fallenden Strahlen nach der Reflexion von der Fläche, oder die Brennweite,

$$x = \frac{dr}{2d - r}.$$

1) Alle diese Sätze lassen sich leicht aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 667.) herleiten, und es läßt sich durch Zeichnung und Rechnung der Weg der Lichtstrahlen bey der Reflexion bestimmen. Es sey z. B. DBd (Fig. 67.) eine concave sphärische reflectirende Fläche, C das Centrum dieser Kugelfläche, CB der Radius der Krümmung der Fläche, A der strahlende Punct, und seine Entfernung von der reflectirenden Fläche AB. Der Strahl AB geht durch den Mittelpunct C der Krümmung; er steht folglich senkrecht auf der Fläche DBd, und wird also in sich selbst reflectirt. Es gehe nun ein Strahl AD und Ad nach der Fläche, so werden diese unter dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Man ziehe deshalb die Einfallslothe CD und Cd, und mache den Winkel CDF = CDA, ingleichen CdF = CdA, so sind DF und dF die reflectirten Strahlen, die sich in F vereinigen, und F ist also der Brennpunct oder Focus dieser Strahlen. Um nun des Brennpunctes F Abstand BF = x von der concaven sphärischen Fläche durch Rechnung zu bestimmen und eine Formel dazu zu finden: so wollen wir setzen, daß der Strahl AD der Achse AB unendlich nahe komme, oder daß der Bogen BD unendlich klein sey; und FB wird für FD und AB für AD genommen werden können. Da die Winkel CDA und CDF gleich sind, so ist AD : DF = AC : CF. Da wir nun AD = AB = d, und DF = BF = x nehmen, und BC = r gesetzt wird; so ist AC = d — r, FC = r — x. Wenn wir nun dies in der vorigen Formel substi-

substituiren, so haben wir das Verhältniß: $d:x = d - r : r - x$, woraus wir $dr - dx = dx - rx$, oder $dr = 2dx - rx$, und $\frac{dr}{2d - r} = x$, als die gesuchte Größe, erhalten; oder die Entfernung des Brennpunctes $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC} = \frac{AB \times BC}{AB + AC}$, was allgemein die Distanz des Focus von den hohlen Kugelflächen ausdrückt.

2) Wenn AB oder d, d. i., die Entfernung des leuchtenden Punctes, so groß ist, daß der Radius BC der reflectirenden Kugelfläche, als unendlich klein, dagegen verschwindet, so wird $AB = AC$ gesetzt werden können; dann verwandelt sich die vorige Formel: $x = \frac{dr}{2d - r}$, in $\frac{\infty\ r}{2\ \infty} = \frac{1}{2} r$, oder $FB = \frac{AB \times BC}{2AB} = \frac{BC}{2}$, oder der Brennpunct ist um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche von derselben entfernt. Wenn also die Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist die Entfernung des strahlenden Punctes in Vergleichung mit dem Radius der Kugelfläche für unendlich groß zu halten, und der Vereinigungspunct dieser parallel einfallenden Strahlen nach der Reflexion ist $\frac{1}{2}$ r. Es seyen also GK, DE, dg (Fig. 68.) parallel auf die hohle Kugelfläche AB einfallende Strahlen, so wird der Strahl DE in sich selbst zurückgeworfen, da er durch das Centrum C der Kugelfläche geht; der Strahl GK wird nach f, und der Strahl dg auch nach f zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunct oder Focus ist f, dessen Abstand von der Kugelfläche $fE = \frac{1}{2} CE = \frac{1}{2} r$ ist, wo r den Radius der Krümmung ausdrückt. — Eigentlich kommen nur diejenigen Strahlen in einem Puncte hier zusammen, die der Achse DE unendlich nahe sind; die weiter davon entfernten vereinigen sich immer um desto früher mit der Achse, weil sie desto schiefer auf der Fläche stehen und also unter einem desto kleinern Winkel zurückgeworfen werden.

3) So lange die Distanz des strahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen Kugelfläche oder AB (Fig. 67.) größer ist, als der Radius der letztern, oder als BC, so lange bleibt der Vereinigungspunct F der Strahlen innerhalb des Mittelpunctes C und der reflectirenden Fläche enthalten. Denn wenn $AB > BC$ (oder $d > r$), so ist $2AB - BC > AB$ (oder $2d - r > d$), weil $2AB - AB = AB$ (oder $2d - d = d$); da nun $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$ $\left(\text{oder } x = \frac{dr}{2d - r}\right)$, und $BC = \frac{AB \times BC}{AB}$ $\left(\text{oder } r = \frac{dr}{d}\right)$, so ist auch $FB < BC$ oder $x < r$, oder die Distanz des Vereinigungspunctes der reflectirten Strahlen ist kleiner, als der Radius.

4) Wenn AB = BC oder d = r wird, so wird die Formel: $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$, in $\frac{BC^2}{2BC - BC} = BC$, oder $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{r^2}{2r - r} = r$ verwandelt. Dies heißt: Die Strahlen, die aus dem Mittelpuncte der Kugelfläche gegen dieselbe fahren, werden in sich selbst zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunct ist das Centrum der Kugelfläche selbst.

5) Wenn der strahlende Punct im Brennpuncte paralleler Strahlen (2), oder wenn $AB = \frac{BC}{2}$, oder $d = \frac{1}{2} r$ ist, so wird in der vorigen Formel (1) $2AB - BC = 0$ oder $2d - r = 0$, und dann ist der Focus, oder FB, $= \frac{AB \times BC}{0}$, oder $x = \frac{dr}{0}$. Es verhält sich aber $0 : BC = AB : \infty$, oder $0 : r = d : \infty$, folglich ist FB oder $x = \infty$. Das heißt: Die Strahlen laufen gar nicht oder in der unendlichen Entfernung nach der Reflexion zusammen, oder sie werden parallel zurückgeworfen. Wenn also (Fig. 68.) BA ein sphärischer Hohlspiegel, und dessen Radius CE ist, und es befindet sich in f in der Entfernung von $\frac{1}{2}$ Ec von der Spiegelfläche, als dem Brennpuncte paralleler Strahlen, ein strahlender Punct, so werden die Strahlen fK und fg durch Reflexion KG und gd parallel mit der Achse ED.

6) Wenn AB oder d (1) kleiner ist als $\frac{1}{2}$ BC oder $\frac{1}{2}$ r, oder $2d < r$, d. h., wenn die Entfernung des strahlenden Punctes von der hohlen sphärischen Fläche kleiner ist als der halbe Radius, oder als die Brennweite paralleler Strahlen, so wird FB oder x in der Formel zu einer negativen Größe, und die reflectirten Strahlen werden divergirend, und wieder rückwärts in Gedanken verlängert hinter der reflectirenden Fläche zusammenfahren. So ist es nach Fig. 69. Es sey AP eine sphärische reflectirende concave Fläche; der strahlende Punct sey in d, und seine Entfernung von der Fläche sey kleiner, als $\frac{1}{2}$ CB, oder kleiner als FB. Es gehen von ihm die divergirenden Strahlen dg und dh nach der Fläche hin; man ziehe die Einfallslothe Cg und Ch, und nehme die Winkel CgK und Chl so groß als dgC und dhC, so sind gK und hl die reflectirten Strahlen, die divergirend sind, und so aus einander fahren, als ob sie von dem Puncte D hinter der Fläche herkämen. Da der Winkel gDh < gdh, so ist auch die Divergenz der reflectirten Strahlen kleiner, als die der einfallenden.

Divergirende Strahlen werden also bey dieser Reflexion nach der verschiedenen größern oder kleinern Entfernung des strahlenden Punctes von der concaven sphärischen Fläche entweder convergirend (Fig. 67.), oder parallel (Fig. 68.), oder in ihrer Divergenz vermindert (Fig. 69.).

Wenn

Digitized by Google

Wenn (Fig. 69) die convergirenden Strahlen Kg und lh auf diese Fläche fallen, so werden sie durch Reflexion in d zusammenlaufen. Ohne Reflexion würden sie es in D gethan haben. Da nun der Winkel gdh > gDh, so ist ihre Convergenz vermehrt.

§. 674. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer **Ellipse** hat, und der strahlende Punct steht in dem einen Brennpuncte dieser elliptischen Krümmung, so werden die divergirenden Strahlen durch die Reflexion alle nach dem andern Brennpuncte der Ellipse hingeworfen.

§. 675. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer **Parabel** hat, so werden alle Strahlen, welche mit der Achse parallel auf diese Fläche fallen, durch die Reflexion genau in dem Brennpuncte der Parabel gesammelt; und die aus diesem Brennpuncte auf die Fläche gehenden divergirenden Strahlen werden durch Reflexion zu parallelen.

§. 676. Bey **convexen reflectirenden sphärischen Flächen** verhält es sich mit den nicht senkrecht auffallenden reflectirten Strahlen umgekehrt wie bey den hohlen Kugelflächen (§. 673.). 1) Parallel auffallende laufen nach der Reflexion aus einander, und werden solcher Gestalt zerstreuet und divergirend. Die reflectirten Strahlen rückwärts, in Gedanken verlängert, treffen in einem **eingebildeten Brennpuncte** zusammen, der auch um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben liegt. 2) Convergirende Lichtstrahlen, welche verlängert in diesem eingebildeten Brennpuncte zusammentreffen würden, werden natürlicher Weise von der Kugelfläche als paral-

 lel

lel reflectirt. 3) Ueberhaupt wird die Convergenz der darauf fallenden convergirenden Strahlen nach der Reflexion vermindert; und 4) die Divergenz der divergirend darauf fallenden nach der Reflexion vermehrt. Wenn wir den Abstand des strahlenden Punctes von der reflectirenden convexen sphärischen Fläche d, den Radius ihrer Krümmung r nennen, so ist die Distanz des eingebildeten Brennpunctes hinter der Kugelfläche $x = \frac{dr}{2d + r}$.

Es sey nämlich (Fig. 70.) ba eine convexe sphärische Fläche, ihr Centrum C, der Radius ihrer Krümmung AC = r. Der strahlende Punct befinde sich in O. Der Strahl OA steht senkrecht auf der Fläche ab; denn verlängert würde er C oder den Mittelpunct der Kugelfläche treffen: er wird also in sich selbst zurückgeworfen. Dieser Achse OA der Kugelfläche unendlich nahe falle der Strahl OI auf die Fläche. Man ziehe das Einfallsloth CIQ, so bestimmt dies den Winkel OIQ; man mache damit den Winkel QIR gleich, so ist der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel, und IR ist der Weg des reflectirten Strahls. Verlängert man diesen rückwärts von I nach F, so wird er mit dem ebenfalls verlängerten OA in F zusammentreffen, und F ist also der eingebildete Brennpunct hinter der reflectirenden Fläche.

Um nun eine allgemeine Formel für die Entfernung dieses imaginären Brennpunctes zu finden, verfährt man, wie bey den concaven sphärischen Flächen (§. 673. Anm.) geschehen ist. Die gegen über stehenden Winkel RIQ und CIF sind gleich, und da RIQ = OIQ ist, so ist auch OIQ = CIF; und die Winkel OIQ und CIO haben einerley Sinus. Da wir den Strahl IO der Achse AO unendlich nahe nehmen, so können wir auch IO = AO und FI = FA setzen; AO aber ist der Abstand des leuchtenden Punctes von der Fläche ab und = d. Es sey ferner AC = r, und die Entfernung des Brennpunctes FA = x; so ist OC = d + r, IF = AF = x, CF = r — x. In dem Dreyecke ICO ist IO : CO = sin. ICF : sin. CIO (oder sin. OIO = sin. CIF). Ferner ist in dem Dreyecke CIF, IF : CF = sin. ICF : sin. CIF. Es ist demnach IO : CO = IF : CF. Substituiren wir dafür den angenommenen Werth dieser Ausdrücke, so haben wir d : d + r = x : r — x. Hieraus erhalten wir dr — dx = dx + rx, und $x = \frac{dr}{2d + r}$, oder

oder $FA = \frac{AO \times CA}{2AO + CA}$.

Man sieht leicht, daß der Brennpunct immer innerhalb des Centrums C und der Fläche ab fallen müsse, der Werth von d oder AO mag werden, wie er will. Die converen sphärischen Spiegel haben also nur einen eingebildeten Brennpunct für divergirende und parallele Strahlen, die Strahlen mögen kommen, wie sie wollen. Wird AO oder d unendlich groß in Vergleichung mit r, oder werden die einfallenden Strahlen mit der Achse parallel, so ist $x = \frac{\infty r}{2 \infty} = \frac{r}{2} = \frac{1}{2} r$, und die reflectirten Strahlen rückwärts in Gedanken verlängert, treffen in der Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben zusammen (Fig. 71.). Gehen die Strahlen umgekehrt, als convergirende so, daß sie nach diesem Brennpuncte zu gerichtet sind, wie ti und RI (Fig. 71.), so werden sie durch Reflexion zu parallelen.

Ist die Convergenz der Strahlen noch größer, so daß sie noch vor dem Brennpuncte der parallelen Strahlen zusammentreffen würden, wie (Fig. 70.) RI und OA, so werden sie wenigstens in der Convergenz vermindert; denn IOA < RFO.

§. 677. Eine jede Fläche, welche recht glatt oder polirt ist und das Licht ordentlich reflectirt, heißt ein **Spiegel** (Speculum). Jeder sichtbare Körper reflectirt zwar das Licht, weil er sonst nicht sichtbar wäre; aber weil die Theilchen gegen einander eine sehr mannigfaltige Lage haben, so reflectiren sie das Licht nicht ohne Verwirrung, und es thut es nicht ein Punct, wie der andere, wie ein eigentlicher Spiegel thun muß.

§. 678. Indessen giebt es keinen vollkommenen oder mathematischen Spiegel, dessen Oberfläche gar keine Unebenheiten oder Vertiefungen hätte. Ein solcher Spiegel würde nicht sichtbar seyn, sondern an seiner Stelle die Bilder der Körper, von welchen er Erleuchtung erhält.

§. 679.

§. 679. Die Materien, woraus die Spiegel zum optischen Gebrauch verfertigt werden, können mancherley seyn. Man wählt aber gewöhnlich dazu solche Stoffe, denen man nicht allein eine bequeme Gestalt leicht geben, sondern deren Oberfläche durch Schleifen und Poliren glatt genug gemacht werden kann. Das Glas läßt sich zwar fein und glatt poliren und durch Belegung auf der andern Seite völlig undurchsichtig machen, aber es wird auch wegen der dadurch entstehenden doppelten Abbildung der Sachen wieder untauglich. Eigentlich sind alle gläserne Spiegel Metallspiegel, denn die Metallfläche der Belegung spiegelt eigentlich. Die metallenen Spiegel würden daher Vorzüge haben, wenn man sie nicht aus unedeln Metallen zu machen durch die Umstände genöthigt wäre, wo sie aber dem Anlaufen an der Luft und durch Dünste ausgesetzt sind. Die reine Platina würde in dieser Rücksicht alle Vorzüge in sich vereinigen, da sie hart genug ist, um eine feine Politur anzunehmen, ohne dem Anlaufen an der Luft unterworfen zu seyn. Silber und Gold nehmen wegen ihrer Weiche nicht Politur genug an. Indessen überzieht man doch auch andere harte und polirte Körper mit Blattgold oder Blattsilber und giebt ihm durch Poliren die Spiegelfläche.

Anweisung, die beste Composition zu den metallenen Spiegeln der Teleskope zu machen, von J. Mudge, a. d. *philos. transact.* Vol. LXVII. P. I. S. 296., übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. I. S. 584.

Das Glas, das zu Spiegeln genommen wird, muß auf der hintern Fläche eben so gut, als auf der vordern, und zwar noch genauer geschliffen und polirt seyn, weil die hintere Fläche eben wegen der Zurückstrahlung von dem

Metalle der Belegung das Bild hervorbringen hilft. Ist diese hintere Fläche rauh und uneben, so ist es auch das darauf liegende Metall, und dann wird die Regelmäßigkeit der Zurückstrahlung gestört. Wenn gleich das Glas sehr durchsichtig ist, so ist es doch nicht in allen Puncten durchsichtig; es wirft allerdings einen Theil des darauf fallenden Lichts von seiner vordern Fläche und von seiner innern Masse zurück. Daher spiegelt auch die vordere Fläche der gläsernen Spiegel und macht Bilder, obgleich weit schwächere, als die hintere belegte Fläche. Diese Bilder decken sich zwar einander, doch nicht vollkommen; und der weit stärkere gleichzeitige Eindruck des weit lebhaftern Bildes von der hintern Fläche verwischt den des weit schwächern von der vordern Fläche; immer aber entsteht doch dadurch einige Undeutlichkeit, die besonders an den Rändern und Säumen der Bilder wahrzunehmen ist. Dickere gläserne Spiegel sind aus der angeführten Ursach, bey übrigens gleichen Umständen, nicht so gut, als dünnere. Dieses doppelte Bild von gläsernen Spiegeln läßt sich am besten an einer Lichtflamme wahrnehmen, die davor ist, wenn man von der Seite gegen den Spiegel sieht.

§. 680. Eben weil kein Spiegel ein vollkommener Spiegel ist, so wird auch bey der Reflexion von demselben immer ein Theil des Lichts zerstreuet und geht solcher Gestalt für die regelmäßige Zurückstrahlung verloren. Dieser Theil ist desto größer, je unvollkommener der Spiegel ist.

Hr. Graf von Rumford fand durch seine photometrischen Versuche den Lichtverlust bey der Reflexion vom besten Ramsdenschen gläsernen Planspiegel 0,3494 der ganzen darauf fallenden Lichtmasse; bey einem ganz gemeinen Glasspiegel gar 0,4816. (a. a. O. S. 47.).

§. 681. Sonst sind die Spiegel in Rücksicht ihrer Figur entweder **ebene Spiegel** (Specula plana) oder **krumme Spiegel** (Specula curva); die letztern entweder **convexe** (Specula convexa) oder **concave** (Specula concava), und zwar nach der Verschiedenheit ihrer Krümmung entweder **sphärische** oder **elliptische, parabolische, hyperbolische, cylindrische, conische.** Von der Zurückstrahlung der Licht-

strahlen

strahlen von diesen Spiegeln gilt alles das, was wir oben von den reflectirenden Flächen gesagt haben.

§. 682. Wenn vor einen vertical stehenden Planspiegel (§. 681.) ein erleuchtetes oder leuchtendes Object gestellt wird, so sieht das Auge das Bild dieses Gegenstandes (Imago obiecti) hinter dem Spiegel; und zwar sehen **wir das Bild eines Punctes in diesen Planspiegeln da, wo der rückwärts verlängerte reflectirte Strahl die Perpendikellinie vom Puncte auf und durch den Spiegel gezogen durchschneidet;** oder eigentlicher: **wir sehen jeden Punct des Objectes hinter dem Spiegel da, wo die reflectirten Strahlen von zwey einfallenden divergirenden des Punctes rückwärts verlängert sich durchschneiden.** Denn hier kommt die Spitze des verlängerten Lichtkegels zu stehen, welcher seine Grundfläche auf der Pupille unsers Auges hat.

Es sey (Fig. 72.) C ein strahlender Punct vor dem Planspiegel AB. Er sendet Lichtstrahlen nach allen Richtungen um sich her; es fällt also auch unter andern ein Strahl Cb auf den Planspiegel in b, und ein Strahl Cf in f auf, die wir als die äußern des Strahlenkegels bCf ansehen wollen. Beyde Strahlen werden unter eben den Winkeln reflectirt, unter denen sie auffielen, und der Strahl Cb wird nach g, der Strahl Cf nach h geworfen. — gh sey die Pupille des Auges, die die Grundfläche des abgestumpften Strahlenkegels bfgh empfängt. Verlängern wir die reflectirten Strahlen bg und fh rückwärts hinter dem Spiegel, so schneiden sie sich in F; und hier ist der Ort des Bildes. Es empfängt nämlich das Auge den Strahlenkegel, der von dem Spiegel zurückgeworfen wird, eben so, als ob seine Spitze in F wäre, und er afficirt das Organ eben so, und nicht anders; folglich erzeugt sich in uns das Urtheil, als ob der strahlende Punct in F wäre, oder wir setzen den strahlenden Punct nach F hin. Da die Divergenz der Strahlen von ebenen reflectirenden Flächen nicht geändert wird (§. 671.), so werden auch die hinter dem Spiegel verlängerten reflectirten Strahlen nicht früher oder später sich schneiden, als bC und fC rückwärts ge-

nom-

nommen; oder die Convergenz derselben in F wird dieselbige seyn, als die Divergenz der einfallenden in C war: folglich liegt F so weit hinter dem Spiegel, als C davor ist, und der Ort des Bildes ist da, wo die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen von zwey divergirend einfallenden eines strahlenden Punctes sich durchschneiden würden.

Oder man ziehe vom strahlenden Puncte C die Perpendiculärlinie Ca auf den Planspiegel AB, und verlängere sie hinter dem Spiegel. Die reflectirten Strahlen gb und hf, ebenfalls hinter dem Spiegel verlängert, durchschneiden jene Perpendikellinie in F. Da die bey a rechtwinkligen Dreyecke Cab, Fab die Seite ab mit einander gemein haben, und der Winkel abF = Bbg = Cba; so ist auch aF = aC, oder der reflectirte Strahl bg schneidet bey seiner Verlängerung das Perpendikel CaF in einem Puncte F, der so weit hinter dem Spiegel ist, als der strahlende Punct C davor liegt. Eben dies gilt von jedem andern von C kommenden reflectirten Strahle, wie fh. Hier in F ist also der Ort des Bildes vom Puncte C; folglich kann man auch sagen: Der Ort des Bildes hinter dem Planspiegel ist da, wo die Perpendikellinie vom strahlenden Puncte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert, vom rückwärts verlängerten reflectirten Strahle durchschnitten wird.

Diese letztere Regel kannten die ältern Optiker schon. Sie zeigt uns indessen keinen physischen Grund an, warum das Auge das Bild des Punctes C in F sieht; und ist also im Grunde nur eine Formel, den Ort des Bildes im Planspiegel durch Zeichnung zu bestimmen. Die erstere Regel hingegen enthält zugleich einen physischen Grund. Barrow (Lectiones opticae. Lond. 1674. 4.) hat sie zuerst deutlich entwickelt. Sie läßt sich auch auf krumme Spiegel anwenden, da die Regel der Alten nur für Planspiegel allein gilt.

Da wir Planspiegel auch für solche sphärische Hohlspiegel ansehen können, deren Radius unendlich groß ist, so läßt sich auch die oben (§. 673 Anm.) angeführte allgemeine Formel für den Vereinigungspunct der reflectirten Strahlen anwenden. Da nämlich $r = \infty$ gesetzt werden muß, so verwandelt sich die Formel $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{d\,\infty}{-\infty} =$ $-\,d.$ aF (Fig. 72.), ist also gleich aC und steht wegen des negativen Zeichens hinter dem Spiegel; oder die reflectirten Strahlen werden, rückwärts verlängert, in eben der Distanz hinter dem Spiegel zusammenlaufen, als der Punct der Divergenz vor dem Spiegel steht.

§. 683. Es läßt sich hieraus leicht darthun:

1) Warum das Bild im Planspiegel eben so weit dahinter

hinter ist, als das Object davor steht, und warum jenes sich diesem nähert, so wie dieses dem Spiegel näher rückt; 2) daß das Bild dem Objecte gleich und ähnlich seyn müsse; 3) daß die rechte Seite der Objecte im Bilde links, die linke rechts erscheinen müsse; 4) warum alle Personen das Bild des Objects hinter dem Spiegel an einem und eben demselben Orte sehen; 5) warum die Bilder nicht die Deutlichkeit oder Stärke des Lichts haben, als die Objecte selbst; und 6) warum ein Spiegel, worin ein Mensch sich ganz sehen soll, nur halb so groß und breit zu seyn brauche, als der Mensch.

1) Der erste Satz erhellet aus der Anm. zum vorigen §. 2) Der zweyte Satz wird aus §. 671. klar: denn weil der Planspiegel die Divergenz der darauf fallenden Strahlen nicht ändert, so sendet er die von den verschiedenen strahlenden Puncten, deren Stellung gegen einander die Figur des Objects bestimmt, auf ihn fallenden Lichtkegel eben so bey der Reflexion zum Auge, als wie sie dies von dem Objecte selbst empfangen würde, wenn das Object ohne den Spiegel eben so weit vom Auge entfernt wäre, als die Spitze des verlängerten Lichtkegels jedes Punctes vom Auge ist. 3) Der dritte Satz folgt natürlich daraus, daß z. B. das Bild unserer Person, wenn wir uns darin betrachten, uns direct entgegen steht, daher unsere rechte Hand im Bilde zur linken werden muß, nämlich nur in so fern, als wir das Bild auf unser Object beziehen. 4) Der vierte Satz ist eine Folge der Regeln des §. 682., und wenn das Object an seinem Orte bleibt, so bleibt für alle die einzelnen Lichtstrahlen, die vom Objecte auf den Spiegel, und von da zu den einzelnen Augen kommen, bey der Verlängerung der reflectirten Strahlen hinter dem Spiegel derselbige Durchschnittspunct der Perpendikellinie, die vom Objecte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert werden kann; oder der Ort des Bildes bleibt unverändert. 5) Der fünfte Satz folgt aus der Unvollkommenheit aller unserer Spiegel (§. 680.), wodurch verursacht wird, daß wegen der vielfachen, obgleich unmerklichen, Vertiefungen und Erhöhungen nicht alles auf den Spiegel vom Objecte fallende Licht genau eben so wieder ins Auge reflectirt werden kann, als es das Auge vom Objecte selbst erhalten würde, sondern ein Theil anders wohin zerstreuet wird. Auch wird wohl nach der verschiedenen Natur der Spiegelmaterie mehr oder weniger Licht verschluckt, oder verliert

seine

Digitized by Google

seine Expansivkraft und Strahlung. 6) Der sechste Satz läßt sich durch Zeichnung leicht beweisen. Es sey (Fig. 73.) AB ein vertical stehender Planspiegel, vor welchem ein Object vertical steht. Die Linie CD stellt die senkrechte Höhe einer Person vor, deren Auge in O sey. Wir brauchen hier nur die Lage der Bilder des obersten und untersten Punctes von CD zu bestimmen. Es geht von C ein Strahl Cg nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel zurückgeworfen wird und nach O ins Auge gelangt. Dieser Strahl Og rückwärts verlängert, durchschneidet das Einfallsloth Cc in c; und hier ist also der Ort des Bildes von C. Vom untersten Puncte D geht ein Strahl von D nach i auf den Spiegel, und gelangt durch Reflexion von i nach O ins Auge; und dieser verlängerte reflectirte Strahl durchschneidet das Einfallsloth Dd in d, wo also das Auge das Bild von D sieht. Was von diesen beyden äußersten Puncten des Objects gilt, gilt auch von allen dazwischen liegenden, und das Auge sieht das ganze Object im Bilde cd. Der Augenschein lehrt, daß nur der Theil des Spiegels AB, der zwischen g und i liegt, zur Reflexion der Strahlen, die von CD nach dem Spiegel kommen, und ins Auge O gelangen sollen, diene. ig ist aber nur $\frac{1}{2}$ CD, weil cd = CD, und Ca = ca, folglich Ca = $\frac{1}{2}$ Cc und gi = $\frac{1}{2}$ cd = $\frac{1}{2}$ CD. Was von der Höhe des Objects gilt, gilt auch von der Breite; und überhaupt bey jeder Entfernung.

§. 684. Ferner läßt sich daraus beweisen, warum in einem Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen den Horizont geneigt ist, die Bilder von horizontal darunter liegenden Objecten aufrechts und perpendiculär, die von perpendiculären aber horizontal erscheinen.

Der Perspectivkasten.

Es sey CD (Fig. 74.) ein Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel CDA gegen den Horizont AB gestellt ist; DE sey ein horizontal liegendes Object, vor den Spiegel gestellt. Von dem Puncte E geht ein Lichtstrahl nach dem Spiegel in f, und wird reflectirt nach g. Man ziehe von E die Perpendikellinie auf dem Spiegel und verlängere sie hinter dem Spiegel, Ee; man verlängere auch den reflectirten Strahl fg rückwärts hinter dem Spiegel, so schneidet er die Perpendikellinie Ee in e, und hier ist der Ort des Bildes vom Puncte E. Eben so fällt von D des Objects ein Strahl Dh nach dem Spiegel und wird von h nach i reflectirt. Man ziehe auch von D die Perpendikellinie Dd hinter den Spiegel, und verlängere den reflectirten Strahl hi rückwärts, so schneidet er die

die Linie Dd in d; und hier ist der Ort des Bildes vom Puncte D. Was von den beyden äußersten Puncten D und E gilt, gilt von allen dazwischen liegenden; es entsteht also ein vertical stehendes Bild de vom horizontal liegenden Objecte DE.

Umgekehrt, wenn de das Object ist, so ist DE das Bild davon; und vertical stehende Objecte bilden sich also horizontal liegend ab.

Wie in einem solchen Spiegel eine Kugel auf einer geneigten Ebene darunter senkrecht in die Höhe zu steigen scheint?

Muschenbroek introd. T. II. §. 1989.

§. 685. Ingleichen, warum in einem horizontal liegenden Planspiegel die Objecte darüber oder darunter verkehrt, das Obere unten und das Untere derselben oben sich abbildet.

Beyspiele hierzu: Es sey AB (Fig. 75.) ein horizontal liegender Planspiegel, auf welchem das Object DE vertical steht. Das Auge befinde sich in i, so wird der Strahl, der von D nach h auf den Spiegel fällt und von da unter eben dem Winkel reflectirt wird, nach i ins Auge gelangen. Man verlängere diesen reflectirten Strahl hinter dem Spiegel, und verlängere auch die Verticallinie von D auf dem Spiegel, bis sie sich beyde in d schneiden, so ist d das Bild des Punctes von D. Der niedriger liegende Punct F des Objects wird, wie man auf eine ähnliche Art finden kann, sein Bild in f machen. So entstehen von allen Puncten des Objects DE die Bilder derselben zwischen d und e, und es stellt sich also im Ganzen ein umgekehrt stehendes Bild de des Gegenstandes DE dar.

§. 686. In Planspiegeln, die schief gegen einander gesetzt werden, erscheinen die Objecte dazwischen vervielfältigt, wegen der vervielfältigten Reflexion; und zwar erscheinen sie so oft, weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. In parallel gegen einander über stehenden Spiegeln erscheint das Object, das gerade zwischen beyde gestellt wird, unzählige mal.

Hierher gehören die Winkelspiegel, die nach Art eines Buches geöffnet werden können. Das Bild eines dazwischen gestell-

gestellten Gegenstandes erscheint bey einem Winkel der Spiegel

von 120	Graden	2	mal
90	=	3	=
72	=	4	=
60	=	5	=
51 3/7	=	6	=
45	=	7	=
40	=	8	=
36	=	9	= u. s. w.

Es seyen zwey Planspiegel AC und BC (Fig. 76.) unter einem Winkel ACB = 45 Gr. an einander gefügt. Das Auge O sey selbst der strahlende Punct und befinde sich zwischen den Spiegeln, so sieht es sich an den Stellen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 hinter den beyden Spiegeln, und zwar in einem Kreise, dessen Radius OC und dessen Mittelpunct C ist. Das Auge O bildet sich hinter dem Spiegel BC in 1 ab, eben so weit dahinter, als es davor ist, so auch hinter dem Spiegel AC in 2. Jedes dieser Bilder können wir wieder als ein Object in Rücksicht des gegen über stehenden Spiegels betrachten, hinter dem es sich so weit wieder abbildet, als es davor ist. So bildet sich also 1 hinter dem Spiegel AC in 3, 2 hinter dem Spiegel BC in 4, 3 hinter dem (bis b verlängerten) Spiegel BC in 5, 4 hinter dem (bis a verlängerten) Spiegel AC in 6, 5 hinter AC in 7 ab; das Bild von 6 ist mit dem von 7 eins, oder fällt damit zusammen, und 7 liegt in der geraden Linie, die von O durch den Mittelpunct des Kreises C oder den Winkel der Spiegel gezogen werden kann, und kann sich also auf keinem Spiegel weiter abbilden.

Die Bilder des einen Spiegels sind freylich keine Objecte für den andern Spiegel in der That, und die in Gedanken verlängerten Spiegel Ca und Cb können keine Bilder wirklich machen, wie wir uns hier der mehrern Leichtigkeit wegen die Sache vorgestellt haben. Der wahre Grund der Vielfachheit der Bilder liegt in der vervielfältigten Reflexion des Lichts zwischen diesen Spiegeln, und darin, daß wir da ein Bild des Punctes hinsetzen, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommen muß, dessen Grundfläche die Pupille unseres Auges ist. Um dies näher zu erläutern, wollen wir uns zwey Spiegel AC und BC (Fig. 77.) vorstellen, die unter dem Winkel von 72 Gr., BCA, an einander gefügt sind, und worin sich also das Object viermal abbilden wird. Das Object sey in F, die Pupille des Auges in f, das nun das Bild von F in 1, 2, 3, 4, sieht. Es geht nämlich ein Lichtkegel Fih nach dem Spiegel BC, der durch Reflexion von ih nach der Pupille des Auges in f gelangt und das Urtheil erzeugt, daß er von 1 herkomme, wohin also die Seele das Bild von F setzt. Es fällt ferner ein Lichtkegel Fab auf den Spiegel AC und geht durch Reflexion von ab nach f zur Pupille des Auges, das nun das Bild des Punctes F nach 2 setzt, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommt.

kommt. a macht ein Bild in 3, nicht deswegen, weil es sich eben so weit wieder hinter dem verlängerten Spiegel BCD abbildete, als es davor ist; sondern weil in uns das Urtheil von dem Daseyn des Punctes F in 3 entsteht, da der Lichtkegel, der von F nach cd auf den Spiegel AC fällt, von da durch Reflexion auf den Spiegel BC in ge geworfen wird, und hier wieder von ge nach der Pupille in f zurückstrahlt und so ins Auge kommt, daß er bey der Verlängerung seine Spitze in 3 haben muß, oder als ob er von 3 herrührte. Das Bild in 4 entsteht auch nicht deswegen, weil sich das Bild 1 hinter dem verlängerten Spiegel ACE so weit abbildete, als es davor ist; sondern weil ein Strahlenkegel von F nach no, von da durch Zurückstrahlung nach lm, und von da durch Zurückstrahlung nach der Pupille in f gelangt, und nun so ins Auge kommt, als ob er von 4 herrührte oder hier seine Spitze hätte. — Alle andere Strahlenkegel, die von dem unbewegten F nach beyden Spiegeln gehen, treffen nach den Zurückstrahlungen das Auge nicht, so lange es in f ist. — So ist es nun in allen andern Fällen dieser Spiegel.

Kaestner de multiplicatione imaginum ope duorum speculorum planorum; in den *dissertationib. mathem. et phys.* II. S. 8. *Muschenbroek introd. ad philos. nat.* II. 1993 — 1996.

Hierauf beruhet auch die Einrichtung der Spiegelzimmer, Spiegelcabinette und Spiegelkästen.

Gehlers physikal. Wörterbuch, Th. IV. S. 132. ff.

Von Abbildungen in Spiegeln, die einen äußern Winkel mit einander bilden, s. *Muschenbroek* a. a. O. §. 1992.

§. 687. Vermittelst der durch Planspiegel reflectirten Lichtstrahlen können daher auch Gegenstände betrachtet werden, wenn auch die gerade Linie zwischen diesen und dem Auge von undurchsichtigen Körpern unterbrochen würde.

Hierher gehört: 1) das Perspectiv, durch ein dickes Bret zu sehen, oder das Zauberperspectiv (Tubus magicus). Gehlers phys. Wörterbuch, Th. IV. S. 845. ff.

2) Das Hevelsche Polemoskop, der Wallgucker, Operngucker (Polemoscopium) *Muschenbroek* a. a. O. §. 1997. Gehler a. a. O. Th. III. S. 539.

§. 688. Aus der Reflexion der Lichtstrahlen von den Kugelflächen (§. 672 — 676.), und aus dem Satze, der auch auf krumme Spiegel anzuwenden ist:

ist: daß das Bild eines strahlenden Punctes in einem Spiegel da liegt, wo von zwey unendlich nahe einfallenden divergirenden Strahlen die reflectirten sich durchschneiden (§. 682.), läßt sich nun auch bestimmen, wie die sphärischen Spiegel Bilder machen.

§. 689. Man kann hieraus leicht finden:

1) Warum ein Gegenstand in einem **hohlen Kugelspiegel** gar kein Bild macht, wenn er sich im Brennpuncte der parallelen Strahlen des Spiegels befindet;

2) Warum das Bild aufrechts hinter dem Spiegel und größer als der Gegenstand erscheint, wenn dieser zwischen dem Brennpuncte und dem Spiegel sich befindet;

3) Warum das Bild um desto weiter hinter dem Spiegel, und desto größer erscheint, je näher der Gegenstand nach dem Brennpuncte des Spiegels zurücktritt;

4) Warum die Bilder verkehrt und vergrößert werden und ein **Luftbild** darstellen, das weiter vom Spiegel fällt, als der Gegenstand davor ist, wenn der Brennpunct des Spiegels zwischen dem Gegenstande und dem Spiegel steht;

5) Warum das umgekehrt stehende **Luftbild** Größe und Entfernung des Gegenstandes erlangt, wenn der Gegenstand im Mittelpuncte der Kugelfläche steht;

6) Warum diese umgekehrten Luftbilder kleiner werden und dem Spiegel näher liegen, als der Gegen-

Gegenstand, wenn der Mittelpunct der Kugelfläche zwischen den Gegenstand und den Spiegel fällt;

7) Warum endlich das Object, welches keine dem Spiegel concentrische Oberfläche hat, darin verzerrt dargestellt wird; weil nämlich dann der Abstand der sich abbildenden Puncte des Objects vom Spiegel ungleich ist.

Muschenbroek a. a. O. §§. 2011 — 2023.

1) Es sey ab (Fig. 78.) ein sphärischer Hohlspiegel, sein Centrum C, sein Brennpunct paralleler Strahlen F, und in diesem Brennpuncte stehe ein strahlender Punct; so wird der Strahlenkegel Fgh bey der Reflexion zum Strahlencylinder, und alle von F divergirend auffallende Strahlen werden zu parallelen (§. 673). Das Auge in Q oder sonst wo, das einen solchen Strahlencylinder empfängt, kann kein Bild des Punctes von F empfinden, weil der Strahlencylinder keine Spitze hat.

2) Es sey der Gegenstand DE (Fig. 79.) zwischen dem Brennpuncte F und dem Spiegel ab, dessen Mittelpunct C ist. Der oberste Punct D des Objects wirft einen Strahlenkegel Dgh nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel reflectirt wird und nach Q ins Auge gelangt. Er kommt so ins Auge, als ob er seine Spitze in d hätte; und hierher setzt das Auge das Bild d des Punctes D. Vom untersten Puncte E geht ein Strahlenkegel Eik nach dem Spiegel, und durch Reflexion nach Q so, als ob er von e hinter dem Spiegel herkäme, wohin also unser Auge das Bild e vom Puncte E setzt. Da die Puncte d und e im Bilde weiter aus einander liegen, als im Objecte D und E, so sehen wir das Bild größer, als den Gegenstand. Der Grund davon liegt in der Abnahme der Divergenz der Strahlen bey der Reflexion (§. 673. 4.).

3) Je näher der Gegenstand DE (Fig. 79.) dem Brennpuncte F tritt: um desto mehr nimmt die Divergenz der reflectirten Strahlen ab; desto später laufen sie bey der Verlängerung hinter dem Spiegel zusammen; desto weiter ist also die Spitze der Strahlenkegel, die das Auge empfängt, von der Grundfläche entfernt; desto weiter fällt also das Bild hinter den Spiegel; und desto weiter liegen die äußersten Puncte d und e aus einander: folglich desto mehr wird es vergrößert, bis es endlich unendlich groß in einer unendlichen Entfernung wird, d. h., ganz verschwindet, wenn die strahlenden Puncte um die Brennweite entfernt sind (1).

4)

4) Es sey der mit der Spiegelfläche concentrische Gegenstand DE (Fig. 80.) so weit davon entfernt, daß er zwischen dem Brennpuncte F und dem Centro C des Spiegels ab stehe. Der oberste Punct D wirft einen Strahlenkegel Dgh auf den Spiegel, dessen Strahlen unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Sie werden dadurch in ihrer Divergenz vermindert und laufen in d zusammen. So werden auch die Strahlen des Lichtkegels Eik durch Reflexion wieder zusammenlaufend in e. Wäre nun ein Auge in e oder d, so würde es freylich kein Bild von den Puncten D und E sehen, da die Strahlen, die es hier empfängt, convergirend sind, und folglich bey der Verlängerung rückwärts noch weniger zusammenlaufen, als die parallelen (1). Man sieht leicht, daß dies auch der Fall seyn müsse, wenn sich das Auge näher nach dem Spiegel zu befindet, wo es alle die von dem Spiegel zurückfahrenden Strahlen als convergirend empfängt. Wenn man dies gehörig erwägt, so wird man gar keinen Einwurf gegen Barrows Theorie (§. 682.) von der Entstehung der Bilder in den Spiegeln bey diesen Fällen finden. — Wenn aber in ed eine reflectirende Fläche ist, auf welche die Strahlenkegel ike und ghd auffallen und davon wieder als divergirende nach allen Seiten zurückstrahlen, so wird das Auge, das dieser Fläche zu gerichtet ist, das ganze Bild ed auf derselben sehen, vorausgesetzt, daß diese reflectirende Fläche kein Licht anders woher erhält, das die Empfindungen des Bildes ed verwischen könnte. Da die vom Spiegel reflectirten Strahlenkegel ghd und ikd sich durchkreuzen, so wird das Bild ed gegen das Object DE verkehrt stehen, und die Puncte d und e werden weiter aus einander liegen, als D und E.

5) Wenn DE (Fig. 80.) nach C vom Spiegel zurücktritt und endlich in de anlangt, so tritt das umgekehrte Luftbild ed dem Spiegel näher, wird kleiner, und würde endlich dem Gegenstande gleich und ähnlich, obgleich umgekehrt, seyn, wenn alle seine strahlenden Puncte so weit vom Spiegel entfernt wären, als C, in welchem Falle DE nur ein Punct seyn müßte.

6) Wenn das Object DE (Fig. 81.) so weit vom Spiegel ab absteht, daß das Centrum des Spiegels C zwischen demselben und dem Spiegel ist, so werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel Dgh und Eik, die von dem obersten und untersten Puncte D und E gegen den Spiegel fahren, durch die Reflexion auch zu convergirenden, die in e und d zusammenfahren. Da sich die Strahlenkegel nach der Reflexion durchkreuzen, so machen sie ein umgekehrtes Bild ed des Gegenstandes DE, und zwar liegen die äußersten Puncte e und d im Bilde einander näher, als D und E im Objecte; das Bild ist also verkleinert. — Uebrigens hat es mit diesem Bilde wieder eben die Bewandtniß in Ansehung seiner Wahrnehmung, als im vorigen Falle (4). Ein Auge in e oder d empfängt nur die Spitzen der Strahlenkegel, nicht ihre Grundfläche. Das

Bild ed wird also nur dann sichtbar, wenn da, wo die Vereinigungspuncte der reflectirten convergirenden Lichtstrahlen hinfallen, eine reflectirend Fläche ist, die diese Lichtstrahlen wieder als divergirende zurückstrahlen kann. Da ein strahlender Punct des Objects nicht bloß einen Lichtkegel zum Spiegel sendet, sondern auf jeden Punct des Spiegels Lichtstrahlen vom leuchtenden Objecte fallen, so strahlt auch z. B. von E (Fig. 81.) nicht bloß der Kegel Eik auf den Spiegel, sondern auch der Kegel Emn. Ist nun das Auge in Q, so empfängt es nicht allein von dem Vereinigungspuncte der reflectirten Strahlen ghd, sondern auch von dem der reflectirten Strahlen mne einen Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges, und deren Spitze in e und d ist. So ließe sich erklären, wie das Auge in ed ein Bild von DE sehen könne.

Dessen ungeachtet ist der Umstand allerdings wahr, daß ein Auge die Bilder der Gegenstände, die weiter vom Spiegel abstehen, als der Radius desselben beträgt, und die dem Spiegel Lichtkegel zusenden, auf dem Spiegel selbst gewisser Maßen schweben sieht; ein Phänomen, das aus dem bisher Vorgetragenen nicht zu erklären ist, vielleicht einen Gesichtsbetrug zum Grunde hat, und es von neuem bestätigt, daß wir aus mehrern Umständen, als aus dem Scheitel der Strahlenkegel, die scheinbare Stelle der Gegenstände beurtheilen.

Kaestner de obiecti in speculo sphaerico visi magnitudine apparente; in den *comment. nov. Goetting.* T. VIII. 1777.

§. 690. Jngleichen läßt sich davon die Anwendung auf erhabene Kugelspiegel machen, und daraus finden:

1) Warum das Bild eines Gegenstandes aufrechts und kleiner als derselbe, hinter dem Spiegel erscheint;

2) Warum das Bild um desto mehr verkleinert wird, je kleiner der Halbmesser der Kugelfläche ist;

3) Warum das Bild nie weiter hinter seiner Fläche erscheint, als um den vierten Theil des Durchmessers des Spiegels.

4) Warum endlich auch das Bild des Gegenstandes verzerrt ist, wenn der Gegenstand nicht concentrisch ist mit der Spiegelfläche.

Muschenbroek a. a. O. §§. 1998 — 1206.

1) Da der imaginäre Vereinigungspunct der, von den Spiegeln dieser Art, reflectirten divergirenden Strahlen, oder der Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist, allemal hinter den Spiegel fällt (§. 676.), so muß auch das Bild der Gegenstände hinter dem Spiegel erscheinen. Es sey (Fig. 82.) ab ein convexer Kugelspiegel, ED das Object, das mit dem Spiegel gleiche Krümmung hat, C der Mittelpunct des Spiegels, F sein imaginärer Brennpunct paralleler Strahlen. Das Auge befinde sich in Q. Es empfängt durch Reflexion die Lichtkegel Egh und Dik von den äußersten Puncten E und D des Objects, und sieht das Bild desselben in ed. Da die Divergenz der Strahlen bey der Reflexion von diesen Flächen vermehrt wird, so laufen sie auch rückwärts hinter dem Spiegel verlängert früher zusammen, oder die Winkel in e und d sind größer, als die in E und D; die Puncte e und d liegen also näher bey einander, und das Bild ist kleiner, als der Gegenstand. Wenn das Object auf der dem Spiegel zugekehrten Seite nicht gleiche Krümmung mit dem Spiegel selbst hat, so erscheint es nothwendiger Weise verzerrt.

2) Je kleiner der Halbmesser der Spiegelfläche wird, desto kürzer ist der Abstand des Vereinigungspuncts der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen; oder, wenn r kleiner wird, so wird in der Formel: $\frac{dr}{2d + r} = x$ (§. 676.), auch dieses x als Quotient abnehmen. Die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen werden also, bey gleichem Abstande des Objects vom Spiegel, desto früher zusammentreffen; die Vereinigungspuncte werden desto näher bey einander liegen, und das Bild wird also desto kleiner erscheinen.

3) Je weiter der Gegenstand vom Spiegel abrückt, oder je größer d in der Formel: $x = \frac{dr}{2d + r}$, wird, desto größer wird x, oder der Abstand des Vereinigungspunctes der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen vom Spiegel; aber er kann nie größer werden, als $\frac{1}{2}$ r, wenn auch d = ∞ in Vergleichung mit r wird, oder der Gegenstand so weit vom Spiegel entfernt ist, daß die Divergenz der von seinen strahlenden Puncten ausfahrenden Strahlen verschwindet, oder sie zu parallelen werden.

§. 691. Endlich lassen sich auch daraus die Erscheinungen der **cylindrischen** und **conischen erhabenen Spiegel** bestimmen. Beyde Arten der Spiegel wirken der länge nach als ebene Spiegel, und bilden also in so fern die Gegenstände, deren Fläche mit der Fläche dieser Spiegel concentrisch ist, in der ordentlichen Größe ab. Die cylindrischen aber sind der Quere nach erhabene Kugelspiegel, und müssen also in so fern verkleinern, und folglich die Gegenstände der Quere nach schmäler vorstellen. Die conischen sind der Quere nach ebenfalls als erhabene Kugelspiegel anzusehen; da aber die Cirkelflächen nach der Spitze zu immer kleiner werden, so verkleinern sie auch oben mehr, als unten.

Bestätigung durch Versuche und Zeichnungen, die zwar verzerrt gemahlt sind, aber in diesen Spiegeln ordentlich erscheinen (catoptrische Anamorphosen).

Casp. Schotti Magia universalis. Herbip. 1657. 4.

Ein Instrument, um diese anamorphotischen Zeichnungen zu entwerfen, hat Leupold beschrieben (Jac. Leupold Anamorphosis mechanica nova. Leipz. 1714. 4.).

Von Pyramidalspiegeln.

Muschenbroek a. a. O. §§. 2029. 2030.

Von prismatischen Spiegeln.

Muschenbroek a. a. O. §. 2032.

Brechung des Lichts.

§. 692. Wenn lichtstrahlen aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit in einer schiefen Richtung übergehen, so behalten sie, wenn sie die Fläche treffen, die beyde Mittel von einander scheidet, nicht mehr die vorige Richtung, sondern werden

werden von derselben abgelenkt. Man nennt dies die **Brechung der Lichtstrahlen** (Refractio lucis).

Bestätigung an Glas und Wasser.

§. 693. Wenn der schief **einfallende Lichtstrahl** (Radius incidens) SC (Fig. 83.) aus einem dünnern Mittel, z. B. aus der Luft, in ein dichteres, z. B. in Wasser, übergeht, so wird er an der Oberfläche AB des letztern in dem **Einfallspuncte** (Punctum incidentiae) C von seinem vorigen Wege abgelenkt, und der geraden Linie, die man senkrecht auf und durch das dichtere Mittel im Einfallspuncte ziehet, dem **Einfallslothe** oder **Neigungslothe** (Cathetus incidentiae) DE näher gebracht, und geht in der Direction CR. Der Winkel SCD, welchen der einfallende Strahl SC mit dem Einfallslothe DE macht, heißt der **Einfallswinkel** (Angulus incidentiae); der Winkel RCE, welchen der **gebrochene Strahl** CR, der von seiner vorigen Richtung abweicht, mit dem Einfallslothe DE macht, der **Brechungswinkel** (Angulus refractionis); und der Winkel aCR, welcher aus dem verlängerten einfallenden Strahle Ca und dem gebrochenen CR sich bildet, der **gebrochene Winkel** (Angulus refractus).

§. 694. Die Erfahrung lehrt allgemein folgendes Gesetz: **Wenn das Licht aus einem dünnern Mittel in ein dichteres schief übergeht, so wird es dem Perpendikel zu gebrochen, und der Brechungswinkel ist kleiner, als der Einfallswinkel; wenn es aber aus dem dichtern Mittel in das dünnere**

nere schief übergeht, so wird es vom Perpendikel ab gebrochen, und der Brechungswinkel ist größer, als der Einfallswinkel. Der gebrochene und einfallende Strahl bleiben aber immer mit dem Einfallslothe in einerley Ebene.

1) Wenn z. B. oberhalb AB (Fig. 83.) Luft, unterhalb Wasser ist, so wird der schief einfallende Lichtstrahl SC beym Eintritte ins Wasser nicht nach a fortgehen, sondern der Perpendikellinie DE zugelenkt; und der Brechungswinkel RCE ist kleiner, als der Einfallswinkel SCD.

2) Wenn hingegen ein Lichtstrahl BC aus dem Wasser unterhalb AB schief in die Luft übergeht, so wird er von dem Perpendikel DE abgelenkt, der Brechungswinkel SCD ist größer, als der Einfallswinkel RCE.

§. 695. Diese Brechung steht zwar nicht im genauen Verhältnisse mit dem eigenthümlichen Gewichte der durchsichtigen Mittel; dagegen aber mag **die Größe des Einfallswinkels beschaffen seyn, wie sie will, so findet immer ein beständiges und unabänderliches Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfallswinkels** fi = ba, **und dem Sinus des Brechungswinkels oder dem Brechungssinus** FR **für einerley Paar von durchsichtigen Mitteln Statt.**

§. 696. **Jeder Lichtstrahl, der auf die durchsichtigen Körper von verschiedener Dichtigkeit senkrecht auffällt, geht ungebrochen durch.**

§. 697. Um nun von diesen Gesetzen der Brechung Anwendung machen zu können auf die davon abhängenden Phänomene, ist es nöthig, das **Brechungsverhältniß**, das ist, das Verhältniß des Brechungssinus FR zum Einfallssinus fi = ba, (oder, wenn

wenn wir den Strahl umgekehrt gehen lassen wollen, das Verhältniß des Einfallssinus FR zum Brechungs-sinus li oder ba,) der durchsichtigen Mittel zu wissen, die der Gegenstand unserer Betrachtung sind. Hier genügt es, nur das zwischen Luft und gewöhnlichem Glase, und zwischen Luft und Wasser zu wissen. Das erstere ist nahe wie 3 : 2, das andere fast wie 4 : 3. Demnach ist (Fig. 83.) ba oder li : FR = 4 : 3.

Der Brechungssinus verhält sich zum Einfallssinus, den man gleich 1,000 annimmt, wenn das Licht aus der durchsichtigen Masse in die Luft geht,

nach Rochon bey	gemeinem Glase wie = =	1,543
	Flintglase = = =	1,613
	Diamant = = =	2,755
	Bergkrystall = = =	1,575
	isländischem Krystall = =	1,625
	destill. Wasser von 14° R. =	1,333
	rectificirtem Weingeiste =	1,378
	gesättigter Kochsalzauflösung =	1,375
	Salmiakauflösung = =	1,382
nach Newton beym	Frauenglase = = =	1,487
	Steinsalze = = =	1,545
	Alaun = = =	1,458
	Vitriolöhle = = =	1,428
	Kampher = = =	1,500
	Baumöhle = = =	1,466
	Leinöhle = = =	1,481
	Terpentinöhle = = =	1,470

§. 698. So viele Erklärungen auch über die wirkende Ursach des Phänomens der Brechung gegeben worden sind, so ist doch keine befriedigender, als die, welche uns Newton selbst davon gegeben hat. Sie reducirt sich auf die Kraft der Cohärenz, oder, wenn man lieber will, der Anziehung der durchsichtigen Materie mit dem Stoffe des Lichts, so wie die Reflexion im Gegentheile den Mangel dieser Cohärenz oder Anziehung anzeigt (§. 668. Anm.).

Wir

Wir wollen zur Erläuterung annehmen, daß ebene Flächen die Mittel von einander trennen, durch welche das Licht auf seinem Wege geht, und daß diese Flächen gegen einander parallel sind. Es sey also zwischen den parallelen Flächen (Fig. 84.) NS, nſ Wasser oder Glas enthalten, und darüber und darunter Luft. Man ziehe mit ihnen ML und ml in gleichen Entfernungen davon parallel. Sie sollen den Abstand darstellen, bey welchem die Wirksamkeit des Körpers NSnſ auf das Licht thätig zu werden anfängt, der zwar an sich klein ist, aber um der Deutlichkeit der Zeichnung willen hier verhältnißmäßig so groß vorgestellt wird. Es komme ein Lichttheilchen in der perpendiculären Richtung Ac gegen die Fläche NS. So wie es in c in die Sphäre der Wirksamkeit NS gelangt ist, und von den Theilchen des Körpers NS stärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus dem es kommt, so nimmt seine Geschwindigkeit in dem Raume von c bis t zu; aber es kann dadurch nicht von seinem Wege abgelenkt werden. Es geht bloß mit zunehmender Geschwindigkeit fort und erlangt das Maximum derselben innerhalb tq. So wie es aus q heraustritt, ist die Anziehung des Körpers NSnſ dagegen seiner Richtung entgegen und der Wirkung auf der obern Fläche gleich; es verliert also das Lichttheilchen in dem Raume qt wiederum rückwärts so seine Vermehrung der Geschwindigkeit, als es sie von c gegen t zu wachsend erhielt. Der senkrecht auffallende Strahl erleidet also nach dieser Hypothese keine Brechung, wie die Erfahrung auch lehrt; und die Geschwindigkeit des Lichts außerhalb ML und ml bleibt sich gleich.

Wenn nun das Lichttheilchen in der schiefen Direction Dd gegen ML ankommt, so kann diese Bewegung in zwey andere, DF und Fd, zerlegt werden. Da die Wirkung des Körpers NS auf das Lichttheilchen nach der Perpendiculärlinie geschieht, so kann die parallele Bewegung DF keine Aenderung erleiden; die Bewegung oder Geschwindigkeit Fd hingegen muß, wie vorher gezeigt ist, wachsend zunehmen, und daher muß das Lichttheilchen von dem Puncte d an gegen die Fläche NS zu die krumme Linie dl beschreiben, die ihre hohle Seite gegen Nl zu gekehrt hat. Die Tangente li, die die Richtung des Lichttheilchens beym Eintritte in die Fläche des Körpers NS anzeigt, muß folglich dem Perpendikel Bb näher kommen und es unter dem kleinern Winkel ilb schneiden, als die erstere Richtung Dd mit dem Perpendikel Bb bey der Verlängerung machen würde. Da in dem Raume li die Anziehungskräfte der Materie des Körpers NSnſ gegen das Lichttheilchen gleich bleiben, so bleibt es in der Richtung li unverändert, bis es nach i gelangt. Hier wird die Anziehung des Körpers gegen das Licht, die auf nſ perpendiculär ist, seiner Perpendiculärgeschwindigkeit wiederum hinderlich; sie nimmt daher bey dem Fortgange des Lichts gegen ml zu stufenweise wiederum ab, und es wird seine Bahn eben so von i nach e zu auf die entgegengesetzte Seite gebogen, als es von d nach l geschah.

schab. Es verliert hier allmählig die Zunahme der Perpendiculärgeschwindigkeit wieder, die es in dI erlangte, und hat in e wieder die vorige Geschwindigkeit, die es beym Eingange in d besaß. Da die entgegengesetzten Krümmungen ie und dI gleich sind, so muß auch die Richtung des Lichts in Ee parallel seyn mit der in Dd, wie die Erfahrung lehrt, und es muß wieder vom Perpendikel abgelenkt werden.

Endlich ist auch die Permaneität des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels nach dieser Hypothese zu erklären. Es falle nämlich ein Lichtstrahl AI (Fig. 85.) aus der Luft in Glas, so wird er im letztern dem Perpendikel PD zugelenkt werden: und der Winkel PIA = DIE mag seyn, wie er will, so wird der Sinus dieses Einfallswinkels, oder EF, immer in einem beständigen gleichen Verhältnisse mit dem Brechungssinus BC seyn; und zwar wird EF : BC immer nahe wie 3 : 2 seyn, wenn der Lichtstrahl aus der Luft in Glas, und nahe wie 4 : 3, wenn er aus der Luft in Wasser übergeht. Weil nämlich die Kräfte der Anziehung im Glase an der brechenden Fläche GH die parallele Geschwindigkeit AP des Lichtpartikelchens nicht ändern, sondern nur die perpendiculäre PI, und diese vermehren, wie vorhin gezeigt worden ist; so wird das Licht in eben der Zeit nach der Brechung von dem Einfallslothe PD um den gleichen Raum CB ab gehen, in welcher es sich ihm um den Raum AP näherte. Die Direction des Lichts gegen die Fläche GH mag seyn, welche sie will, so wird, weil die Anziehungskräfte dieser Fläche gleich bleiben, die Zunahme der Perpendiculärgeschwindigkeit PI des Lichts immer dieselbige bleiben, (oder auch die Abnahme derselben, wenn das Licht aus dem dichten in das dünnere Medium übergeht, oder vom Perpendikel ab gebrochen wird;) oder PI wird mit IC ein immer gleiches Verhältniß haben, indem PI die Perpendiculärgeschwindigkeit des Lichts vor der Brechung, IC sie durch die Brechung vermehrt vorstellt. Hieraus ist klar, daß, weil die Geschwindigkeit des Lichts vor der Brechung aus AP und PI, und nach der Brechung aus CB und IC zusammengesetzt ist, es in einerley Zeit vor der Brechung AI, und nach der Brechung IB durchlaufen müsse. Wenn nun AP = CB genommen wird, und PI und IC einerley Verhältniß beständig behalten, so ist auch die ganze Geschwindigkeit des Lichts vor dem Brechen zu der nach dem Brechen in einem unveränderlichen Verhältnisse. Es ist aber

AI : AP (= BC) = sin. tot. : Einfallssinus
BC : BI = Brechungssinus : sin. tot.

folglich AI : BI wie der Brechungssinus zum Einfallssinus.

§. 699. **Wenn die Strahlen bey dem Uebergange aus dem dichtern Mittel in das dünnere so schief**

schief übergehen, daß der Brechungssinus größer werden müßte, als der Sinus totus ist, (welches unmöglich ist,) so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung.

Es falle ein Strahlencylinder E (Fig. 86.) von der Sonne im finstern Zimmer auf ein gläsernes dreyseitiges, gleichwinkliges, Prisma in der Direction Ee, so daß er auf der Fläche FV fast senkrecht sey, so wird er fast ungebrochen durchgehen, aber in dem Glase selbst sehr schief auf die Fläche SV gehen; er sollte hier nun bey dem Uebergange in die Luft vom Perpendikel abgelenkt werden; da aber der Brechungssinus dann größer werden müßte, als der Sinus totus, so erfolgt Zurückstrahlung von C nach der Fläche SF, und hier geht er, weil er nahe senkrecht darauf steht, auch fast ungebrochen in die Luft zurück und bringt hier Erleuchtung zuwege. Auch diese Erscheinung folgt aus der vorher angeführten Ursach der Brechung. Die Anziehung der Theilchen des Glases zu denen des Lichts macht nämlich jetzt bey der Kleinheit des Einfallswinkels in C die Perpendiculärgeschwindigkeit desselben beym Uebergange in die Luft ganz verschwinden, und die Refraction verwandelt sich in Reflexion.

Muschenbrock a. a. O. 1732. *Car. Scherffer* institut. physic. II. S. 174. ff.

§. 700. Bey der Brechung des Lichts in seinem Uebergange aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes hängt also der Brechungswinkel ab: theils von der Natur des brechenden Mittels, theils von der Neigung des einfallenden Strahles. Gemeinhin sind zwar die brechenden Kräfte der durchsichtigen Mittel im Verhältnisse mit ihrer Dichtigkeit; man kann indessen nicht sagen, daß diese Regel ganz genau und daß sie allgemein zutreffe; denn einige durchsichtige Mittel brechen stärker, andere schwächer, als es nach Verhältniß ihres eigenthümlichen Gewichts geschehen sollte. So kann daher manchmal das Licht beym Uebergange aus einem Mittel in ein anderes

merklich gebrochen werden, obgleich die specifischen Gewichte dieser Mittel nicht merklich verschieden sind, z. B. Alaun und grüner Vitriol; so kann es ferner aus einem Mittel in ein anderes ohne Brechung übergehen, obgleich die Dichtigkeiten derselben verschieden sind, wie z. B. bey Baumöhl und Borax; ja es kann endlich sogar beym Uebergange aus dem dichtern ins dünnere Mittel dem Perpendikel zu gebrochen werden, wie bey Wasser und Terpentinöhl.

Muschenbroek a. a. O. §. 1720 — 1724.

§. 701. Bey dem Brechen in durchsichtigen ebenen Flächen bleiben schief einfallende parallele Strahlen auch nach dem Brechen parallel, sie mögen aus dem dünnern in das dichtere Mittel, oder umgekehrt, gehen. Bey dem Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres von ebener Fläche werden einfallende divergirende in ihrer Divergenz, und einfallende convergirende Strahlen in ihrer Convergenz vermindert; beym Uebergange aus einem dichtern in ein dünneres Mittel von ebener Fläche werden divergirende oder convergirende Strahlen mehr divergirend oder convergirend. Dies folgt aus dem allgemeinen Gesetze der Brechung (§. 694.).

§. 702. Aus diesem Brechen der Lichtstrahlen in Mitteln von verschiedener Dichtigkeit und ebenen Flächen läßt sich erklären, warum ein Gegenstand unter oder hinter einem ebenen Glase dem Auge fast um $\frac{1}{3}$ näher nach der Oberfläche des Glases zu erscheint, als er wirklich liegt; warum eine Münze in einem undurch-

undurchsichtigen Gefäße, die bey einer gewissen Stellung des Auges nicht zu sehen ist, sichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Wasser gefüllt wird; warum der Boden eines Gefäßes mit Wasser hohl zu seyn und höher zu liegen scheint; warum ein Stock im Wasser gebrochen erscheint; warum ein Fisch im Wasser nicht an seinem wahren Orte, sondern ungefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu gesehen wird; warum Sterne schon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem wirklichen Untergange wahrgenommen, und eine Mondfinsterniß gesehen werden kann, wenn die Sonne noch über unserm Horizonte erscheint; warum die Gestirne höher nach dem Zenith zu beobachtet werden, als sie wirklich stehen; und worin endlich überhaupt die **astronomische Strahlenbrechung** (Refractio astronomica) besteht.

Maschenbroek a. a. O. §. 1928 — 1931.
Einleitung in die astronomischen Wissenschaften, verf. von Lampert Hinr. Röhl. Th. I. Greifswalde 1768. 8. S. 96—140.

§. 703. Noch gehören hierher:

1) Die vervielfältigte Erscheinung eines Gegenstandes durch ein **Rautenglas** (Polyëdrum).

Es sey ABCD (Fig. 87.) ein vielflächig geschliffenes Glas. Die drey vordern Flächen BC, CD und DA seyen dem Gegenstande F zu gerichtet, und hinter der Fläche BA befinde sich das Auge in O. Dies sieht nun den Punct F dreyfach, in F, in L, und in M. Denn von dem Strahlenkegel, der auf die Fläche CD von dem strahlenden Puncte fällt, und wovon wir hier nur die Achse Fg gezeichnet haben, geht diese Achse, da sie senkrecht auf den Flächen CD und BA steht, ungebrochen in das Glas und heraus, und gelangt zum Auge in O. Der Strahlenkegel Fb, der auf die Fläche CB fällt, wird im Glase dem Perpendikel zugelenkt und beym Austritte aus dem Glase vom Perpendikel abgelenkt, und gelangt auch zum Auge in O, das nun den Gegenstand nach L setzen muß. Eben so

so ist es endlich mit dem Strahlenkegel Fh, der auch nach den erlittenen Brechungen zum Auge in O kommt und die Vorstellung des Sehens in M erzeugt.

Muschenbroek a. a. O. §. 1933.

2) Die **dioptrischen Anamorphosen**, oder Zeichnungen einzelner Theile, die durch ein polyëdrisches Glas betrachtet als ein ordentliches Ganzes erscheinen.

Jo. Geo. Leutmanns Anmerkungen vom Glasschleifen. Wittenberg 1728 8. S. 96. ff.

3) Die scheinbare Ortsveränderung der Körper, die durch ein gläsernes Prisma betrachtet werden.

4) Die besondern Erscheinungen der Strahlenbrechung in der Luft, die an verschiedenen Stellen ungleich erwärmt, und also ungleich dicht ist, nach Hrn. **Büsch** und **Gruber**.

Büsch tractatus duo optici argumenti, Hamb. 1783. Tob. Gruber physicalische Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen, Dresden 1787. 4.

§. 704. Merkwürdig und noch immer problematisch ist die scheinbare Verdoppelung eines Gegenstandes durch den **durchsichtigen Kalkspath** oder **isländischen Krystall**.

Ueber die doppelte Brechung des durchsichtigen Kalkspaths, von Hrn. Haüy; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. II. S. 403.

§. 705. Aus den allgemeinen Gesetzen der Strahlenbrechung (§. 694. 695.), und der Kenntniß des Verhältnisses der Refraction der durchsichtigen Mittel (§. 697.) läßt sich durch Zeichnungen oder durch Rechnung leicht bestimmen, wie die Brechung der

Strah-

Strahlen in gekrümmten Flächen geschieht. Wir betrachten nur hier die Brechung der Strahlen in **Gläsern**, wovon eine oder beyde Flächen eine erhabene oder hohle Kugelgestalt haben, die man **Linsen** oder **Lupen** (Lentes) nennt. Sie sind entweder auf einer Seite eben und auf der andern erhaben (**planconvex**) (Fig. 88.); oder auf beyden Seiten erhaben (**convexconvex**) (Fig. 89.); oder auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner ist, als der hohlen (**Meniscus**) (Fig. 90.). Diese drey Arten heißen auch zusammen **erhabene Linsen** (Lentes convexaè), denen die **hohlen Linsen** oder **Hohlgläser** (Lentes concavae) entgegengesetzt sind, wo entweder die eine Seite eben, die andere hohl ist (**planconcav**) (Fig. 91.); oder beyde Seiten hohl sind (**concavconcav**) (Fig. 92.); oder eine Seite hohl, die andere erhaben ist, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite größer ist, als der hohlen (**concavconvex**) (Fig. 93.). Ein Glas, das auf einer Seite erhaben und auf der andern hohl ist, aber mit einerley Halbmesser, z. B. ein Uhrglas, bricht die Strahlen wie ein planes Glas.

§. 706. Die gerade Linie DE (Fig. 94.), welche durch die Mitte der Linse AB geht und auf beyden Flächen derselben perpendiculär steht, heißt die **Axe der Linse**. Die Größe der Linse bestimmt man nach der Krümmung ihrer Convexität oder Concavität, und sie heißt einzollig, zweyzollig, zehnfüßig, zwanzigfüßig, u. s. w., wenn der Durchmesser der

Kugel

Kugel eE, oder dD, wovon die Linse ein Abschnitt ist, 1 Zoll, 2 Zoll, 10 Fuß, 20 Fuß, u. s. w., beträgt.

§. 707. Wenn parallele Strahlen auf **erhabene** Glaslinsen nahe bey der Achse des Glases fallen, so werden sie so gebrochen, daß sie hinter der Linse nach der Achse des Glases zusammengehen und sich in einem Puncte vereinigen, welcher der **Brennpunct** (Focus) der Linse heißt. Hinter diesem Puncte durchkreuzen sich die Strahlen wieder und werden divergirend. Wenn statt paralleler Strahlen **divergirende** Strahlen eines leuchtenden Punctes auf die erhabene Linse fallen, so werden sie nach dem Brechen 1) weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes kleiner ist, als die Brennweite der Linse; 2) parallel, wenn der leuchtende Punct selbst im Brennpuncte ist; 3) convergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes größer ist, als die Brennweite. **Convergirend** auffallende Strahlen werden durch diese Linsen nach dem Brechen natürlicher Weise noch mehr convergirend. Man nennt die erhabenen Linsen wegen der angeführten Wirkungen auch Sammlungsgläser.

1) Es fallen (Fig. 95.) auf die biconvexe Linse ab mit der Achse derselben, hK, die parallelen Strahlen g und b nahe bey der Achse des Glases ein. Sie werden auf der vordern Fläche des Glases erst dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Ausgange aus der hintern Fläche vom Einfallslothe abgelenkt; sie werden convergirend und vereinigen sich mit der Achse des Glases in F, von wo sie wieder als divergirende aus einander fahren, wenn sie sich durchkreuzt haben.

2) Wenn die Strahlen als divergirende auf diese Linse fallen, so werden sie durchs Brechen entweder weniger divergirend, oder parallel, oder convergirend, nach der verschiedenen Entfernung des strahlenden Punctes von der Linse.

Linse. Steht nämlich 1) der strahlende Punct im Brennpuncte der Linse, z. B. in F (Fig. 95.), so werden die Strahlen zu parallelen; 2) steht er näher, als der Brennpunct, so werden sie weniger divergirend, wie Fig. 96., wo der strahlende Punct g näher an der Linse steht, als der Brennpunct F, und wo die Strahlen gl und gm durch die Brechung beym Eingange in die Linse und beym Ausgange aus derselben die Richtung von dn und eo erhalten. Der mittlere Strahl gk geht ungebrochen durch, da er senkrecht auf den Flächen der Linse steht. Werden die Strahlen nd und oe rückwärts verlängert, so treffen sie in p zusammen. Da nun der Winkel lpm kleiner ist, als lgm, so ist auch die Divergenz der Strahlen durch die Brechung vermindert worden, und die Strahlen fahren so aus der Linse, als ob sie von einem weiter entfernten Puncte herkämen, als g ist. 3) Wenn der leuchtende Punct weiter entfernt ist, als die Brennweite, so werden die davon auf die Linse fahrenden divergirenden Strahlen zu convergirenden, wie Fig. 97., wo der strahlende Punct A weiter von der Linse ab absteht, als ihr Brennpunct F; die Strahlen Ao und Aq vereinigen sich nach den erlittenen Brechungen hinter der Linse mit der verlängerten Achse AG in G. Ist G der strahlende Punct, so ist A der Vereinigungspunct der gebrochenen Strahlen.

3) Convergirende Strahlen werden noch stärker convergirend durch die Brechung in diesen Linsen. Es sey (Fig. 96.) ab eine biconvexe Linse, gegen welche die convergirenden Strahlen nd und oe fahren, die ohne die Linse in p zusammenlaufen würden. Sie werden durch Brechung beym Eintritte in die Linse und beym Austritte aus derselben nach g zu gebrochen, und vereinigen sich daselbst mit der Achse. Da nun der Winkel lgm größer ist, als lpm, so ist auch die Convergenz der Strahlen größer (§. 658.).

§. 708. Die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen von der vordern Krümmung des Glases, (wenn man auf die Dicke des Glases nicht Rücksicht nimmt,) heißt die **Brennweite** (Distantia focalis). Man findet dieselbe, wenn man die länge des einen Halbmessers der Krümmung des Glases mit der länge des andern multiplicirt und das Product mit der halben Summe dieser Halbmesser, (beym Meniscus aber das Product der Halbmesser mit ihrer halben Differenz,) dividirt. Bey dem gleichförmig conver-

convexconvexen Glase ist folglich die Brennweite dem gemeinschaftlichen Halbmesser der beyden Flächen des Glases gleich; beym planconvexen aber dem Durchmesser der Kugel, wovon das Glas ein Segment ist. Bey einer Kugel von Glas liegt er um den vierten Theil ihres Durchmessers hinter derselben.

Wegen der häufigen Anwendung, die man von den convexen Glaslinsen zu machen hat, ist es nöthig, den Abstand des Vereinigungspunctes der durch die Linse gehenden Strahlen mit der Achse der Linse, von der Linse, berechnen zu können, wenn der Radius der Krümmungen der Linse, der Abstand des leuchtenden Punctes, und das Brechungsverhältniß zwischen Luft und Glas gegeben sind. Die allgemeine Formel dazu läßt sich aus Folgendem herleiten. Es sey ab (Fig. 98.) eine biconvexe Linse mit ungleichen Krümmungen; der Halbmesser AK der Krümmung AI sey r, der Halbmesser BC der Krümmung BT sey R; der leuchtende Punct O sey in der verlängerten Achse der Linse. Wir wollen hier annehmen, daß der einfallende Strahl der Achse sehr nahe einfalle, so daß wir OI für OA, PT für PB, und AI und BT für gerade Linien halten können. Man ziehe KI, als das Einfallsloth, und verlängere OI geradlinig, so ist KIG der Einfallswinkel, und KG der Sinus davon. Da der Strahl beym Eintritte in das Glas dem Einfallslothe zugelenkt wird, so würde er nach der ersten Brechung auf der Fläche AI in I die Richtung IP erhalten. Man ziehe also IP, und fälle von K das Perpendikel KH auf IP, so ist KH der Brechungssinus. Dieser Brechungssinus verhalte sich zum Einfallssinus, wenn das Licht aus der Luft in die Linse tritt, wie p zu q, und wenn es aus der Linse in die Luft tritt, wie q zu p. Man ziehe noch aus C das Einfallsloth CT auf T, wo der Strahl I in der Richtung nach P zu aus dem Glase tritt, und bey diesem Austritte vom Einfallslothe abgebrochen wird und in die Richtung TF geht. Man verlängere PT nach D zu, und FT nach E zu, und ziehe CD auf DP und CE auf EF perpendiculär, so ist CTD der Einfallswinkel, CD dessen Sinus, und CTE der Brechungswinkel, CE dessen Sinus für den in T aus der Linse in die Luft übergehenden Strahl TF. Es sey CD = m, KG = n. Es erhellet aus der Figur, daß p : q = KG (oder n) : KH; folglich ist KH = $\frac{nq}{p}$; ferner ist klar, daß q : p = CD (oder m) : CE; folglich ist CE = $\frac{mp}{q}$. Es sey ferner OA, oder die Entfernung des leuchtenden Punctes von der Linse, = d; die Dicke der Linse,

oder AB, = c; PB = z; und der gesuchte Abstand des Vereinigungspunctes des Strahls nach den Brechungen mit der Achse in F, oder FB, = x. Da die rechtwinkligen Dreyecke OAI und OKG ähnlich sind, so ist OK : OA = KG : AI, das ist, nach dem vorher dafür substituirten Werthe, $d + r : d = n : AI$; es ist folglich $AI = \frac{dn}{d + r}$. Da ferner die Dreyecke PAI und PKH ähnlich sind, so ist PA : PH = AI : KH, das ist, nach dem dafür substituirten Werthe, wie $z + c : z + c - r = \frac{dn}{d + r} : \frac{nq}{p}$. Multiplicirt man nun die mittlern und äußersten Glieder dieses Verhältnisses, so erhält man $\frac{dnz + dnc - dnr}{d + r} = \frac{nqz + nqc}{p}$, woraus man den Werth von $z = \frac{dcq + cqr + dpr - dcp}{dp - dq - qr}$ findet. Da weiter die Dreyecke PCD und PBT ähnlich sind, so ist PD : PB = CD : BT, d. i., $z + R : z = m : BT$. BT ist also $= \frac{mz}{z + R}$. Weil endlich auch die Dreyecke FCE und FBT ähnlich sind, so ist FC : FB = CE : BT, d. i., $x + R : x = \frac{mp}{q} : \frac{mz}{z + R}$. Hieraus entsteht die Gleichung $\frac{xmp}{q} = \frac{mzx + mzR}{z + R}$, woraus man einen andern Werth für $z = \frac{pRx}{qx + qR - px}$ erhält. Aus der Vergleichung dieser beyden Werthe, um x zu erhalten, und nach den gehörigen Reductionen, findet man

$$x = \frac{dpqRr + dcqqR - dcpqR + cqqRr}{dppR - dpqR - pqRr - dcqq - dpqr + 2dcpq - dcpp + dppr - cqqr + cpqr}.$$

Wenn wir nun die Dicke der Linse AB = c für nichts oder = 0 rechnen, wie wir in der Praxis thun können, so wird in der vorigen Formel

$$x = \frac{dpqRr}{dppR - dpqR - pqRr - dpqr + dppr} = \frac{dqRr}{dp\,(R + r) - dq\,(R + r) - qRr} = \frac{dqRr}{d\,(p - q)\,(R + r) - qRr}.$$

Dies ist nun die allgemeine Formel für die Bestimmung des Abstandes des Vereinigungspunctes der Strahlen von der Linse, oder für FB, wo die Dicke der Linse nicht in Betracht kommt; und zwar dient sie nicht nur für Glas, sondern für jeden andern durchsichtigen Körper, wenn nur das Brechungsverhältniß ($p : q$) bekannt ist, und die Halbmesser der Krümmungen der brechenden Flächen (R, r), so wie der

Abstand

Abstand (d) des leuchtenden Punctes, in Fußen, Zollen oder Linien gegeben ist. Beym Glase ist $p = 30$, genauer aber $= 31$, $q = 20$ zu nehmen.

Wenn parallele Strahlen auf die Glaslinse fallen, so wird $d = \infty$ zu halten seyn, und es wird in der vorigen Formel $x = \frac{qRr}{(p-q)(R+r)}$. Ist nun 1) die Glaslinse biconvex, und zwar mit gleichen Halbmessern der Krümmung, so ist $R = r$, und für parallele Strahlen wird dann $x = \frac{qr^2}{2r(p-q)}$. Wenn wir $q = 2$, $p = 3$ nehmen, so ist $x = r$, oder gleich dem Halbmesser der Krümmung, wie es im §. angegeben ist. 2) Ist die Glaslinse planconvex, so wird für die ebene Fläche derselben $R = \infty$, und für parallele Strahlen ist $x = \frac{qr\infty}{p\infty - \infty q + pr - qr} = \frac{qr}{p-q}$. Wenn wir das Brechungsverhältniß im Glase $p : q = 3 : 2$ nehmen, so wird $x = 2r$, folglich gleich dem Durchmesser der erhabenen Seite, wie im §. angegeben ist. 3) Ist die Glaslinse endlich ein Meniscus, so wird der eine Halbmesser der Krümmung, oder R, negativ, und für parallele Strahlen verwandelt sich die obige Formel in $x = \frac{qRr}{(p-q)(R-r)}$. Nehmen wir das Brechungsverhältniß im Glase $= 3 : 2$, so ist $x = \frac{2Rr}{R-r} = \frac{Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$, oder gleich dem Producte der Halbmesser, dividirt durch ihre halbe Differenz, wie es im §. angegeben worden ist.

de la Caille lectiones elementares opticae, Vindob. 1757. 4. Rob. Smiths vollständiger Lehrbegriff der Optik, a. d. Engl. mit Aender. und Zus. von Abr. Gotth. Kästner, Altenb 1755. 4. S. 81. ff. Kästners Anfangsgr. der Dioptrik, Götting. 1780. S. 345. ff. Karstens Anfangsgründe der mathematischen Wissenschaften, B. III. S. 316. ff. *Scherffer* institutiones physic. P. II. S. 235. ff. S. 320. ff.

§. 709. Eigentlich kommen nur diejenigen parallelen Strahlen nach dem Brechen in einen Punct zusammen, die der Achse des Glases unendlich nahe sind. Je weiter die parallelen Strahlen von der Achse einfallen, desto kürzer ist der Abstand ihres Vereinigungspunctes vom Glase. Die Entfernung dieses vom erstern Puncte heißt die Abweichung der Strah-

 len

len wegen der Gestalt des Glases (Aberratio ex figura).

§. 710. Sonst kann man die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen der erhabenen Linsen, (obgleich nicht mit aller Schärfe,) auch practisch finden. 1) Man lasse die Sonnenstrahlen auf die Linse, und die darin gebrochenen auf einen andern Körper fallen, und bewege die Linse so lange gegen diesen, bis der Punct am hellleuchtendsten und kleinsten wird. Seine Entfernung von der Linse ist die Brennweite. 2) Man bedecke die eine Fläche der Linse mit einem genau darauf anschließenden Papiere, worein viele kleine runde Löcher geschnitten sind, und lasse Licht der Sonne hindurch auf eine parallel darunter gehaltene Fläche fallen. Ist diese Fläche weiter oder näher von der Linse, als die Brennweite, so entstehen so viel leuchtende Kreise, als Löcher im Papiere sind; im Brennpuncte hingegen vereinigen sie sich alle in einen Kreis. 3) Man halte die Linse gegen eine weiße Wand oder Tafel, und lasse nun einen Gegenstand, dessen Distanz die Brennweite des Glases aber wenigstens tausendmal übertreffen muß, darauf durch die Linse sich abbilden. Wenn das Bild am deutlichsten ist, so steht die Wand in der Brennweite der Linse. 4) Am besten findet man diese auch in einem dunkeln Zimmer, in welches durch die Linse das Sonnenlicht hineinfällt. Die Entfernung der Spitze des sich hier bildenden Strahlenkegels von der Linse ist die Brennweite. Die Gründe von allem diesen werden aus dem Folgenden erhellen.

§. 711.

§. 711. Jetzt läßt sich auch bestimmen, wie diese erhabenen Linsen Bilder von den vor ihnen befindlichen Objecten machen, wenn man zugleich das erwägt, was (§. 682.) gesagt worden ist. 1) Wenn die von Einem Puncte des Gegenstandes ausfahrenden und auf die Linse fallenden Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist der Brennpunct das Bild des Gegenstandes, und man kann ihn überhaupt als das Bild eines unendlich entfernten Gegenstandes ansehen. 2) Kein Bild kann dem Glase näher liegen, als der Brennpunct. 3) Wenn der Gegenstand im Brennpuncte sich befindet, so macht er gar kein Bild, oder er macht ein unendlich großes Bild, in einer unendlichen Entfernung, weil die divergirenden Strahlen dann nach dem Brechen zu parallelen werden, die nicht, oder in einer unendlichen Entfernung, zusammenlaufen. 4) Wenn aber die Strahlen von einem Objecte kommen, das noch weiter vom Glase liegt als der Brennpunct, und dessen Strahlen, die von seinen einzelnen Puncten auf die Linse fallen, als divergirende darauf kommen, so vereinigen sich die Strahlen eines jeden Punctes des Objects wieder hinter der Linse und machen ein Bild des ganzen Gegenstandes, das aber verkehrt liegt, und weiter vom Glase entfernt ist, als die Brennweite. 5) Würde in diesem Falle an dem Orte des Bildes der Gegenstand seyn, so würde das Bild desselben da zu stehen kommen, wo der Ort des Gegenstandes selbst war. 6) Je näher das Object dem Glase kommt, desto weiter rückt das Bild vom Glase weg und wird zugleich desto größer; und es

wird

wird endlich ganz verschwinden, wenn das Object in den Brennpunct des Glases kommt. 7) Endlich, wenn der Gegenstand näher nach dem Glase liegt, als der Brennpunct, so kann gar kein Bild entstehen, da die Strahlen nicht zusammenfahren, sondern divergirend bleiben.

Versuche: 1) Das Bild der Flamme eines Lichts stellt sich hinter einer converen Linse klein und verkehrt vor, wenn die Flamme weit vom Brennpuncte der Linse entfernt ist; wird größer und entfernter, wenn die Flamme dem Brennpuncte näher kommt; verschwindet endlich gänzlich, wenn die Flamme in den Brennpunct kommt.

2) Man lasse im finstern Zimmer die parallelen Strahlen der Sonne auf eine erhabene Linse fallen, wo man den durch Brechung in der Linse hinter derselben sich bildenden Strahlenkegel, und den umgekehrten nach der Durchkreuzung der Strahlen wahrnehmen kann.

Die Strahlen der Sonne sind wegen der weiten Entfernung derselben von der Erde als parallel unter einander anzusehen; daher zeigt sich hinter der Glaslinse im Brennpuncte derselben das kreisrunde Bild der Sonne, der wegen der Erhitzung, die er bewirkt, zu der allgemeinen Benennung des Brennpunctes für den Vereinigungspunct der parallel einfallenden Strahlen Anlaß gegeben hat.

Ferner halte man eine erhabene Linse von mehrern Zollen Brennweite erst dicht vors Auge, und sehe dadurch nach einem gehörig erleuchteten Gegenstande, der viel weiter vom Glase absteht, als die Brennweite; so wird man den Gegenstand dadurch erkennen: man entferne nun die Linse vom Auge, so wird der Gegenstand allmählig dem Auge verschwinden; bey noch weiterer Entfernung der Linse vom Auge aber endlich verkehrt und verkleinert wahrgenommen werden, und desto kleiner erscheinen, je weiter man die Linse vom Auge entfernt hat.

Es sey (Fig. 99) OCB ein Object, das von der biconvexen Glaslinse ab weiter absteht, als derselben Brennpunct F. Von dem mittlern Puncte C des Objects geht ein Strahlenkegel nach der Linse, und die divergirenden Strahlen desselben werden zu convergirenden, vereinigen sich aber später zusammen als in der Brennweite der Linse f, wie die Berechnung im §. 708. lehrt; sie kommen in c zusammen und fahren hier wieder als divergirende aus einander. Ihr Vereinigungspunct in c ist das Bild vom Puncte C. Eben so werfen die Puncte O und B jeder einen Strahlenkegel nach der Linse, und die Strahlen jedes Kegels werden durch die Brechung zu convergirenden und machen ein Bild in σ und b von den Puncten O und B.

So

So entsteht nun ein Bild bco des ganzen Objects OCB, das aber gegen das Object verkehrt steht und der Linse näher ist, als das Object auf der andern Seite. Wenn bco das Object wäre, so würde OCB das Bild davon seyn. — Wenn in bco eine zurückstrahlende Fläche ist, die sonst nur wenig Erleuchtung erhält, so wird das Bild bco des Gegenstandes OCB darauf wahrzunehmen seyn.

§. 712. Die Entfernung des Bildes hinter dem Glase findet man, wenn man das Product aus der Brennweite des Glases in die Entfernung des Objects vom Glase durch die Differenz der Entfernung des Objects von der Brennweite des Glases dividirt. Der Quotient giebt die Entfernung des Bildes. Die Entfernung des Objects vom Glase verhält sich zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objects zum Halbmesser des Bildes.

§. 713. Zur Erläuterung der bisher vorgetragenen Sätze von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts, der Zurückstrahlung, und besonders der Brechung in erhabenen Gläsern, und auch sonst zur Belehrung und Belustigung, dienen:

1) Die **Camera obscura** des **Baptista Porta**, wovon man die **optische** und **dioptrische** unterscheidet. Zu der letztern gehört auch die so genannte **helle Kammer** (Camera clara).

I. B. Portae Magiae naturalis, sive de miraculis rerum naturalium, libr. IV. Neap. 1558. Fol. Antverp. 1576. 12. Sehr verm. in libr. XX. Neap. 1589. Fol. Amstelod. 1664. 12.

2) **Kirchers Zauberlaterne** (Laterna magica).

Athanas. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Amstelaed. 1671. Fol. *'s Gravesande* Phys. elem. mathem. T. II. S. 873. ff.

3)

3) Lieberkühns Sonnenmikroskop (Microscopium solare).

Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroskops, von Joh. Ernst Basil. Wiedeburg. Nürnb. 1758. 4.

4) Adams Lampenmikroskop.

Essay on the microscope, by *Adams*. Lond. 1787. gr. 4. S. 65. Theorie und Beschreibung des von dem jüngern Herrn Adams verbesserten Lampenmikroskops, von Herrn Schmidt; in Grens neuem Journal der Physik, B. I. S. 297. ff.

5) Martins Sonnenmikroskop für undurchsichtige Gegenstände, wozu auch Aepinus eine Einrichtung des gewöhnlichen Sonnenmikroskops nach Lieberkühns Vorschlage beschrieben hat.

Description and use of an opake solar microscope. Lond. 1774. 8. Adams a. a. O. S. 92. Emendatio microscopii solaris, auct. *F. V. T. Aepino*, in den *nov. Comment. petrop.* T. IX. S. 316. ff.

1) Die optische Camera obscura macht man gewöhnlich daraus begreiflich, daß man annimmt, es fahre (Fig. 100) durch die enge Oeffnung f der Wand ab, die das finstere Zimmer von den erleuchteten Gegenständen trennt, von jedem Puncte dieser Gegenstände, welcher der Oeffnung zugekehrt ist, ein Lichtstrahl durch das Loch, (wie von den Puncten C, E und D des Gegenstandes der Strahl Cc, Ee und Dd,) und falle auf die Wand im finstern Zimmer, ohne daß zugleich von den benachbarten Puncten des Gegenstandes ein Lichtstrahl auf denselben Punct dieser Wand fallen kann. Von dieser Wand gehen nun die Lichtstrahlen wieder zurück in das Auge des Zuschauers, der also auf derselben das umgekehrte Bild dec des Gegenstandes CED sieht. Denn da die Strahlen sich in der Oeffnung durchkreuzen, so muß das Bild verkehrt werden. Es wird desto kleiner seyn müssen, je näher die Wand, worauf es sich abbildet, an der Oeffnung steht; desto größer, je weiter sie davon entfernt ist. Indessen ist diese Vorstellung von einzelnen Lichtstrahlen, die von den Puncten des Gegenstandes nach der Oeffnung zu gehen sollen, nicht der Natur gemäß, sondern es fahren vielmehr von den erleuchteten Puncten Strahlenkegel nach der engen Oeffnung f, die ihre Spitze am strahlenden Puncte haben, und deren Grundfläche die Oeffnung f ist. Die Strahlen dieser einzelnen Lichtkegel breiten sich bey ihrem Fortgange durch die Oeffnung im Zimmer immer weiter aus, und bilden auf der Wand, von der sie aufgefangen werden, erleuchtete Kreisflächen oder elliptische Flächen, je nachdem sie senkrecht oder schief darauf fallen. Diese

Diese Flächen, die von den Kegeln benachbarter strahlender Puncte des Objects herrühren, decken sich größten Theils; von jeder Fläche bleibt aber doch ein Punct, nämlich um des Lichtkegels Achse, der das empfangene Licht reiner und minder vermischt ins Auge divergirend zurückstrahlt, als die übrigen, von andern benachbarten Flächen mehr gedeckten, Puncte dieser Fläche. So entsteht nun durch die Zurückstrahlung von diesen Puncten der Wand die Empfindung eines Bildes des Gegenstandes. Da die Strahlenkegel sich durchkreuzen, so ist das Bild verkehrt. Je weiter von der Oeffnung im finstern Zimmer das Bild aufgefangen wird: um desto geringer ist wegen der Divergenz der Strahlen die Erleuchtung der zurückstrahlenden Puncte der Wand; um desto minder lebhaft ist also das Bild, und auch um desto mehr vergrößert. Da die weiße Wand das Licht so zurückstrahlt, wie sie es empfängt, so behalten auch die Puncte des Bildes die Farbe, welche die Strahlen des Strahlenkegels hatten, von dem das Licht des Punctes herrührt; das Auge sieht also das Bild mit den natürlichen Farben des Objects. Je größer die Oeffnung f wird, desto undeutlicher wird das Bild, weil sich dann desto mehr Strahlenkegel verschiedener Puncte decken, folglich jene zurückstrahlenden Puncte der Wand desto mehr das Licht vermischt mit dem Lichte anderer benachbarter strahlender Puncte dem Auge zusenden, und also das Bild des ganzen Gegenstandes weniger rein erhalten werden kann. Indessen darf auch die Oeffnung nicht gar zu fein seyn, weil sonst wieder nicht Erleuchtung genug Statt findet, um die Netzhaut im Auge gehörig zu afficiren. Hierin ist auch der Grund zu suchen, warum man bey verengerter Pupille, wenn man aus dem starken Tageslichte plötzlich ins finstere Zimmer tritt, das Bild der Wand nicht gleich sieht, sondern erst eine Zeit lang nachher, wenn durch die erfolgende Erweiterung der Pupille mehr Licht ins Auge kommen kann. Uebrigens erhellet aus dem Angeführten leicht, warum die Bilder im finstern Zimmer nie scharfe und genaue Umrisse und nie die Deutlichkeit des Gegenstandes haben, und warum sie, bey übrigens gleicher Oeffnung und gleicher Entfernung der Wand davon, desto lebhafter sind, je mehr die sich abbildenden Gegenstände erleuchtet sind.

In jedem Zimmer, vor welchem erleuchtete Gegenstände stehen, deren Puncte durch die Fenster des Zimmers Strahlenkegel auf die Wände des Zimmers werfen, würden Bilder dieser Gegenstände entstehen müssen. Da aber hier jeder Punct der Wand nicht bloß von einem Puncte der Gegenstände, sondern auch von unzähligen andern zugleich Licht empfängt, das er wieder zurückstrahlt, so kann kein reines und unvermischtes Bild der Gegenstände erzeugt werden; wir können also keine Bilder empfinden, sondern sehen bloß die zurückstrahlenden Puncte der Wand selbst.

Wenn in die Oeffnung f der Wand des finstern Zimmers ab (Fig. 101.) eine kleine erhabene Glaslinse gesetzt wird, deren Brennweite mehrere Fuß beträgt, so werden die vergr

vergirenden Strahlen der Strahlenkegel, die von den leuchtenden Puncten der Gegenstände nach der Linse zu gehen, durch die Brechung zu convergirenden; wird nun die Wand, auf der sich das Bild abmahlen soll, genau in den Vereinigungspunct der Strahlen der einzelnen Strahlenkegel gestellt, so entsteht ein reineres Bild des strahlenden Punctes, und so des ganzen Gegenstandes auf der Wand in dieser dioptrischen Camera obscura, als in der vorigen optischen. Da aber bey der verschiedenen Entfernung mehrerer strahlender Puncte der Objecte, und eines und desselben Objects, von der Linse, der Vereinigungspunct der einzelnen Strahlen, die zu einerley Strahlenkegel gehören, ungleich weit von der Linse entfernt ist; so sieht man leicht, daß man von den verschiedentlich weit entfernten Gegenständen, oder Puncten der Gegenstände, nicht gleich deutliche Bilder erhält.

Hierher gehört nun auch die tragbare Camera obscura (Camera obscura portatilis), der im Ganzen die Einrichtung des eigentlich finstern Zimmers ähnlich ist. (M. s. *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. §. 2333.)

Die Rheinthalerische *Camera clara* ist im Grunde nichts weiter, als eine solche tragbare Camera obscura, übertrifft aber an Nettigkeit der Abbildung und an Klarheit des Bildes die letztere sehr; ihr Unterschied ist, daß das Bild darin nochmals durch ein erhabenes Glas betrachtet wird, und daß wegen der großen Oeffnung der Gläser die Darstellung darin sehr licht und hell wird. Es sey (Fig. 102.) DFGH ein hölzerner Kasten, der zur Verhütung des falschen Lichts inwendig schwarz gefärbt ist. In der vordern Wand DG ist ein erhaben geschliffenes Glas; in der Diagonalfläche lm steht ein Planspiegel, und in der obern Wand DF ist wieder ein erhaben geschliffenes Glas. Wenn nun die vordere Wand DG einem erleuchteten Gegenstande zugekehrt ist, der weiter davon absteht, als die Brennweite der Linse in DG beträgt; so würde er in dem Kasten hinter der Linse ein umgekehrtes Bild von sich machen, das um desto mehr verkleinert ist und desto näher gegen die Linse zu steht, je weiter der Gegenstand vom Glase entfernt ist, wie aus dem Vorigen bekannt ist. Ehe aber die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel zu einem Puncte, oder zu einem Bilde des Punctes, zusammentreffen können, fahren sie auf den Planspiegel lm, werden von diesem unter eben dem Winkel reflectirt, unter dem sie auffallen, und machen ein horizontales Bild des ganzen Gegenstandes in der Verkleinerung, die der Weite des Gegenstandes und der Krümmung der Linse zugehörig ist. Da dieses Bild der obern Linse näher liegt, als ihre Brennweite beträgt, so werden die davon ausfahrenden Strahlen bloß als minder divergirende ins Auge kommen, und also nur verursachen, daß das Bild tiefer vom Auge hinabgesetzt und unter einem größern Sehewinkel wahrgenommen wird. Je weiter der Gegenstand von der Linse in DG abrückt; desto weiter liegt das Bild ab von der Linse in DF hinab entfernt; desto weniger

niger divergirend werden die Strahlen, die von den Puncten, welche das Bild machen und nach der Linse in DF zu gehen, nach der Brechung in derselben: folglich desto weiter scheint das Bild entfernt. Daher bilden sich Landschaften u. dergl. Gegenstände in dieser Camera clara perspectivisch ab. Gewöhnlich ist die Einrichtung so gemacht, daß die Wand DG vom Spiegel ml mehr oder weniger entfernt werden kann, wodurch das Bild eines nahen Gegenstandes, welches durch das Glas in DF betrachtet wird, mehr oder weniger vergrößert erscheint. Um das Bild in dieser Camera clara zu sehen, muß man das Auge über das Glas in FD halten. Es ist aber zu merken, daß auf dieses Glas wenig oder kein sehr starkes Licht von andern Gegenständen fallen muß, wenn man das Bild darunter gehörig deutlich sehen will; daher ist es am besten, auf DF noch einen oben offenen viereckigen, inwendig geschwärzten Kasten von Pappe oder Holz zu setzen, in den man hinab sieht.

2) Das Wesentliche der Zauberlaterne wird aus Folgendem erhellen. Im Brennpuncte F eines Hohlspiegels ab (Fig. 103.) stehe die Flamme einer Lampe. Die divergirenden Strahlen Fg, Fe, Fh werden von demselben als parallele zurückgeworfen; sie treffen bey ihrem Fortgange auf das erhabene Glas kl und werden durch dasselbe zu convergirenden Strahlen gemacht. Ehe sie aber noch in dem Brennpuncte der Linse kl zusammenlaufen, treffen sie auf die durchscheinend gemahlte Abbildung auf Glas, das in ADB steht. (Die übrigen Stellen des Glases sind undurchsichtig gemacht.) Die Strahlen gewähren solcher Gestalt der Abbildung eine starke Erleuchtung. Sie fahren convergirend auf die zweyte Glaslinse mn und werden dadurch noch stärker convergirend; sie treffen in f mit der Achse zusammen, durchkreuzen sich daselbst, und geben als divergirende auf die dritte Glaslinse op, wo sie, weil f näher liegt, als die Brennweite paralleler Strahlen ist, als minder divergirende ausfahren. Steht nun die Lampe in ein Gehäuse eingeschlossen, das bloß nach der Seite der Linsen zu offen ist, so wird in einem dunkeln Zimmer auf der weißen Wand bda ein hell erleuchteter Kreis gebildet, wenn das Gemählde AB nicht da ist, der desto größer ist, je weiter die Wand bda von der Zauberlaterne entfernt steht, der aber auch desto mehr in der Intensität seiner Erleuchtung geschwächt ist. Das letzte Glas op muß von mn mehr entfernt oder ihm mehr genähert werden können, damit die durch dasselbe hindurch fahrenden Strahlen weniger oder mehr divergirend gemacht werden können. Wird das Gemählde an seinen Ort ADB gestellt, so mahlt sich das Bild auf der Wand bda ab, und zwar umgekehrt, wegen der Durchkreuzung der Strahlen in f. Da aber eigentlich von den Puncten des erleuchteten Gemähldes in AB nicht einzelne Lichtstrahlen, sondern Strahlenkegel ausfahren, deren Strahlen durch die Brechung in op wieder zu convergirenden werden, so wird das Bild auf der Wand bda nur bey einer gewissen Entfernung derselben von der Linse op die gehö-

Digitized by Google

gehörige Deutlichkeit haben, nämlich nur alsdann, wenn die Vereinigungspuncte der Strahlen einzelner Strahlenkegel genau auf die Wand treffen. Ist dies nicht der Fall, so muß man die Linse op, oder die ganze Geräthschaft, so lange verschieben, bis das Bild die gehörige Deutlichkeit hat. Damit das Bild gerade werde, stellt man das Gemählde in AB verkehrt. Läßt man das Bild in einen aufsteigenden Rauch fallen, so scheint es einen körperlichen Raum einzunehmen und kann täuschende Erscheinungen hervorbringen.

2) Das Sonnenmikroskop, dessen Erfinder der sel. Lieberkühn ist, ist von der Zauberlaterne dadurch unterschieden, daß die Erleuchtung dabey durch das ungleich stärkere Sonnenlicht erhalten wird. Es werden nämlich die Strahlen der Sonne durch einen Planspiegel auf eine in der Oeffnung des finstern Zimmers stehende Glaslinse senkrecht reflectirt und durch Brechung zu convergirenden gemacht; ehe sie aber noch in den Brennpunct der Linse zusammenlaufen, treffen sie in dem Rohre, worein man sie gehen läßt, auf einen kleinen durchscheinenden Gegenstand, der in einem Objectenträger gehalten wird, und gewähren ihm so eine sehr starke Erleuchtung. Die davon ausfahrenden Lichtstrahlen gehen dann wieder auf eine kleine mikroskopische Linse, die der erstern Linse etwas näher steht, als die Summe ihrer Brennweiten beträgt, damit die Strahlen als stark divergirende aus ihr herausfahren. Stellt man nun eine weiße Wand gegen über, so bildet sich das kleine Object darauf ungemein stark vergrößert ab, und zwar um desto mehr, je weiter man die Wand davon entfernt, oder je kleiner die Brennweite der mikroskopischen Linse ist. Eigentlich ist es doch nur der Schatten des Objects, der seine Umrisse bestimmt, obgleich auch die durchscheinenden Stellen desselben Licht durchlassen, und daher auch im Bilde die Farbe zeigen, die sie selbst haben.

Die nähere Beschaffenheit dieser schätzbaren Vorrichtung läßt sich am besten durch die Zerlegung derselben und durch ihren Gebrauch zeigen.

§. 714. **Hohlgläser** (§. 705.), namentlich das Planconcavglas, das concavconcave, und convexconcave, zerstreuen die Strahlen, welche von den erhabenen Gläsern gesammelt werden (§. 707.), und heißen deswegen auch **Zerstreuungsgläser**. 1) **Parallel** mit der Achse darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen divergirend, und haben eine Richtung, als wenn sie alle aus einem Puncte kämen, der auf der andern Seite des Glases liegt und der

Zer-

Zerstreuungspunct (Punctum dispersionis) oder der **eingebildete Brennpunct** heißt; 2) **divergirend** darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen noch mehr divergirend; und 3) **convergirend** auffallende werden entweder weniger convergirend, oder parallel, oder gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer ist.

1) Es falle (Fig. 104.) auf die biconcave Glaslinse ab der Strahl op, so wird er, weil er senkrecht auf den Flächen der Linse steht, ungebrochen nach k hindurchgehen. Mit diesem fallen die Strahlen nd und me parallel. Sie werden auf dem Einfallspuncte der erstern Krümmung der Linse dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Austritte aus der andern Krümmung vom Einfallslothe daselbst abgelenkt, und erhalten die Richtung nach t und f. Sie fahren also divergirend aus, so, als wenn sie, ohne die Linse, von F herkämen. Diesen Punct F nennt man daher auch den eingebildeten Brennpunct der parallelen auf die Linse fallenden Strahlen.

2) Es fallen (Fig. 105.) von dem Puncte d die divergirend ausgehenden Strahlen df, de und dg auf die biconvexe Linse ab. Der Strahl de geht ungebrochen durch nach l, da er senkrecht darauf steht; die Strahlen df und dg hingegen werden durch die doppelten Brechungen auf beyden Flächen der Linse in die Richtungen nach k und m gebracht und fahren so aus dem Glase, als ob sie von o herkämen. Da der Winkel kom größer ist, als fdg, so ist die Divergenz der Strahlen vermehrt.

3) Es fallen (Fig. 105.) die convergirenden Strahlen k, l, und m auf die Linse ab; sie werden durch die Brechung nach d zu gehen und daselbst zusammentreffen. Da nun fdg kleiner ist, als kom, so ist die Convergenz vermindert.

Wenn die convergirenden Strahlen t, k, f (Fig. 104.) nach dem imaginären Brennpuncte F der biconvexen Linse ab zu gerichtet sind, so werden sie durch die Brechung zu den parallelen dn, po, em.

Wenn endlich die convergirenden Strahlen t, k, und f (Fig. 106.) nach o, als der doppelten Brennweite der Linse ab, zu gerichtet sind, so werden sie nach der Brechung so divergiren, als ob sie von der doppelten Brennweite der Linse auf der andern Seite herrührten.

* * *

Um den Abstand des imaginären Vereinigungspunctes der von einem Gegenstande auf die Hohlgläser fahrenden di-

vergirenden oder parallelen Strahlen hinter der Linse, oder x, zu finden, dient die oben (§. 708. Anm.) hergeleitete Formel ebenfalls, wenn der Abstand des strahlenden Punctes (d), die Halbmesser der Krümmungen der Linse (R, r), und das Brechungsverhältniß (p : q) gegeben ist; nur mit dem Unterschiede, daß der Zähler des Bruchs das Zeichen: —, erhält, und der Vereinigungspunct also rückwärts hinter der Linse liegt.

Es ist diesemnach im Allgemeinen $x = \frac{-dqRr}{d(p-q)(R+r) - qRr}$. Für parallele Strahlen, wo $d = \infty$, wird $x = \frac{-qRr}{(p-q)(R+r)}$. 1) Ist die Glaslinse biconcav, und zwar mit gleichen Halbmessern der Krümmung, so ist für parallele Strahlen $x = \frac{-qr^2}{2r(p-q)}$; und wenn beym Glase $p : q = 3 : 2$ angenommen wird, so ist in diesem Falle $x = -r$. 2) Wenn die Glaslinse planconcav ist, so ist, weil dann $R = \infty$ zu setzen ist, für parallele Strahlen $x = \frac{-qr}{p-q}$; und wenn wir $p : q = 3 : 2$ nehmen, $x = -2r$. 3) Ist das Glas convexconcav, so ist für parallele Strahlen $x = \frac{-qRr}{(p-q)(r-R)}$; und für das angeführte Brechungsverhältniß des Glases ist $x = \frac{-2Rr}{R-r} = \frac{-Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$.

§. 715. Da die Hohlgläser die Strahlen, welche divergirend von einem Gegenstande ausfahren (§. 714.), zerstreuen, und der Punct des Bildes eines Gegenstandes nur da gesehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen sich durchschneiden (§. 682.), dieses aber in Hohlgläsern nicht geschieht; so sieht man, daß sie auch kein Bild von den Gegenständen machen können. Da sie aber aus dem Glase in einer solchen Lage aus einander fahren, daß sie rückwärts verlängert hinter dem Glase in einerley Vereinigungspunct zusammenlaufen würden, so nimmt man diesen eingebildeten Vereinigungspunct der Strahlen von einem Object als das Bild des

Objects

Objects an. Dieses Bild ist aber nur ein mathematisches, und kein physisches Bild. Auch jedes erhabene Glas hat die Natur des Hohlglases, wenn der Gegenstand demselben näher liegt, als der Brennpunct (§. 711. n. 7.).

Verschiedene Brechbarkeit des farbigen Lichts.

Newtons Farbentheorie.

§. 716. Mit der Brechung des Lichts in durchsichtigen Mitteln von verschiedener Dichtigkeit ist noch ein anderer merkwürdiger Erfolg verbunden, nämlich die Trennung des weißen Lichtstrahls in mehrere gefärbte. Wenn man diesemnach ein dünnes Bündel weißer Sonnenstrahlen FG (Fig. 107.) durch eine kleine runde Oeffnung von ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser in ein dunkles verfinstertes Zimmer so fallen läßt, daß es von einem gläsernen horizontal gestellten dreyseitigen Prisma P aufgefangen wird, so wird der Strahl nach dem Durchgange durchs Prisma auf der vertical stehenden Wand in L kein rundes und weißes Bild der Sonne machen, wie er thun müßte, da bey der Brechung in ebenen Flächen parallele Strahlen parallel bleiben (§. 701.); sondern man sieht auf der Wand ein längliches Farbenbild (Spectrum) BC, das an den beyden Seiten durch gerade parallele Linien, oben und unten aber durch Cirkelbogen begrenzt ist, und aus folgenden über einander liegenden, in einander fließenden, und verschiedentlich gefärbten Streifen besteht; nämlich von unten nach oben zu:

roth,

roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, indigo- blau, violett.

§. 717. Ehe wir zur Erklärung dieses an fruchtbaren Folgerungen so überaus reichen Phänomens übergehen, das seit **Newton** den Namen der **verschiedenen Brechbarkeit des Lichts** (Diversa refrangibilitas staminum lucis) erhalten hat, wollen wir erst noch mehrere Umstände des Phänomens näher betrachten, die zur Erläuterung der Theorie des unsterblichen Erfinders und seiner darauf gebaueten Lehre von den Farben abzwecken.

Optice, sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis, libri III, auct. *Is. Newtono*, lat. redd. *Sam. Clarke*, Lond. 1706. 4.

§. 718. Die Breite des auf der Wand in BC (Fig. 107.) hervorgebrachten Farbenbildes ist die des weißen Kreises, der ohne das Prisma von dem Strahle Fg in I würde gebildet werden; die Länge des Bildes übertrifft die Breite etwa fünfmal. Wenn man die Länge des Farbenbildes = 1 setzt, so beträgt die Höhe des rothen farbigen Streifens $\frac{1}{8}$, des orangefarbenen $\frac{3}{40}$, des hellgelben $\frac{2}{15}$, des grünen $\frac{1}{6}$, des hellblauen $\frac{1}{6}$, des indigoblauen $\frac{1}{9}$, des violblauen $\frac{2}{9}$. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach Verhältniß dieser Räume ein, so kommen für das Rothe 45, für das Orangegelbe 27, für das Hellgelbe 48, für das Grüne 60, für das Hellblaue 60, für das Indigoblaue 40, und für das Violblaue 80 Grade dieser Peripherie.

§. 719. Wenn man die durch das erstere Prisma P hindurch gehenden gefärbten Strahlen (Fig. 108.) etwa in der Entfernung von einem Fuße durch ein zweytes dreyseitiges Prisma AB, dessen Achse vertical gestellt ist, gehen läßt, so erscheint das Farbenbild auf der Wand mit denselben Dimensionen und in seiner Farbenreihe dem erstern ähnlich, aber in einer geneigten Stellung MN.

§. 720. Wenn man in dem Versuche (Fig. 107.) durchsichtige Gläser, die gleichförmig roth, oder grün, oder blau gefärbt, und auf beyden Flächen eben sind, hinter das Prisma in der Entfernung von einem Fuße in die aus demselben fahrenden gefärbten Strahlen hält, so läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt, und die durchgehenden Strahlen bilden auf der Wand einen einzigen, gleichförmig gefärbten Kreis, dessen Durchmesser die Breite des Farbenbildes hat.

§. 721. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen, die aus dem ersten Prisma SVT (Fig. 109.) herauskommen, in einer hinlänglichen Entfernung durch eine kleine Oeffnung X eines vertical gestellten Bretes PQ gehen, und, um die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen desto besser abzusondern, sie noch einmal durch die eben so große Oeffnung eines andern Bretes pq treten, das mit dem erstern parallel und etwa 10 bis 12 Fuß davon gestellt ist. Die durchgehenden Strahlen fange man mit einem zweyten Prisma stv auf, so wird der ein-

 fach

fach gefärbte Strahl auf der Wand Yy nach diesem zweyten Brechen in der Farbe ungeändert erscheinen und ein kreisrundes Bild auf der Wand machen. Durch sanfte Umdrehung des erstern Prisma SVT kann man nach und nach alle einfach gefärbte Strahlen des siebenfachen Farbenbildes durch das Loch in X bringen. Wenn sie nun so alle einzeln nach und nach unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma stv gebracht worden sind, so wird man wahrnehmen, das der rothe Strahl auf der Wand Yy am niedrigsten nach Z zu, der orangefarbene etwas höher, der gelbe noch etwas höher, und so immer fort, nach der Reihe der Farben im Farbenbilde von unten auf zu liegen kommen. Der rothe Strahl wird also weniger gebrochen, als der grüne; dieser weniger, als der blaue; und der violette am stärksten. **Die verschiedenen Strahlen des siebenfachen farbigen Lichts in dem Farbenbilde des Prisma haben also ein verschiedenes Brechungsverhältniß in einerley brechenden Mitteln.**

Wenn wir den gemeinschaftlichen Einfallssinus bey den verschiedentlich gefärbten Strahlen des Farbenbildes = 1 setzen, so ist der Brechungssinus, wenn das Licht aus einem und demselben Glase in die Luft tritt, in dem Lichte des Farbenbildes:

für die rothen Strahlen von der untersten Grenze des Farbenbildes bis zur Grenze des Orangegelb = 1,54 bis 1,5425;

für die orangefarbenen bis zur Grenze des Hellgelb = 1,5425 bis 1,544;

für die hellgelben bis zur Grenze des Grün = 1,544 bis 1,54667;

für die grünen bis zur Grenze des Hellblau = 1,54667 bis 1,55;

für die hellblauen bis zur Grenze des Indigoblau = 1,55 bis 1,55333;

für

für die indigoblauen bis zur Grenze des Violett = 1,55333 bis 1,55555;

für die violetten bis zur obersten Grenze des Farbenbildes = 1,55555 bis 1,56.

Die größte Brechbarkeit des violblauen und die kleinste des rothen Strahls ist also gegen einander wie 1,56 : 1,54 = 78 : 77.

§. 722. Man lasse auf ein rechtwinkliges Prisma IKL (Fig. 110.) im finstern Zimmer ein Bündel Sonnenstrahlen so fallen, daß es auf die Fläche IK des Prisma fast perpendiculär zu stehen kommt, so wird es durch diese Fläche ungebrochen durchgehen, aber beym Austritte aus dieser Fläche IL in M gebrochen werden und ein Farbenbild QRS auf der verticalen Wand NN machen. Man drehe nun das Prisma IKL von I nach K allmählig um seine Achse, während man noch ein anderes Prisma in VTX gestellt hat, dessen zwey breitere Flächen einen Winkel von etwa 55 Grad mit einander machen. So wie jetzt durch die Umdrehung des Prisma IKL der Strahl gegen die Fläche IL unter einem Winkel von 50 Gr. zu fallen anfängt, so wird, wie schon oben (§. 699.) bemerkt worden ist, ein Theil des Lichts durch M nicht mehr hindurchgehen, sondern die Brechung wird sich in Zurückstrahlung verwandeln, und es wird endlich alles Licht reflectirt werden, so wie der Winkel kleiner wird. Bey dieser allmähligen Abnahme des Winkels durch die Umdrehung des Prisma fängt nun ein Theil Licht an, nach O zu reflectirt zu werden; wird es nun hier von einem andern Prisma gebrochen, so bildet sich auf der Wand PQ ein Farbenbild, und zwar zuerst ein violblaues in q, hernach auch noch das andere

Blau daneben, dann ein grünes in r, u. s. w., fort, bis zuletzt auch das Roth in s dazu kommt, so wie man fortfährt, das Prisma IKL allmählig von I nach K umzudrehen. So wie aber die blau gefärbten Strahlen in q zum Vorscheine kommen, so fangen sie an, dem ersten Bilde in Q zu mangeln; und die Farbe, die in Q zuerst verschwindet, erscheint zuerst in q, u. s. f. Ein Beweis, daß unter den angeführten Umständen die blauen Strahlen eher reflectirt werden, als die grünen; diese eher, als die rothen; oder daß die brechbarsten Strahlen auch am leichtesten in M reflectirt werden.

§. 723. Man lasse einen Strahlencylinder durch eine runde Oeffnung in das finstere Zimmer in horizontaler Richtung treten; man lasse ihn in der Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Oeffnung auf eine vertical stehende erhabene Glaslinse LL (Fig. 111.), deren Brennweite 4 bis 5 Fuß beträgt, fallen, und die durchgehenden Strahlen nun durch das nahe dahinter gestellte Prisma CD brechen. Wenn man nun das Farbenbild ef in der Brennweite der Linse auffängt, so sieht man es länglich und schmal, und die Farben viel deutlicher, als ohne die Linse LL geschehen würde. Der Strahlencylinder würde ohne die Linse und ohne das Prisma auf der Wand den weiß leuchtenden Kreis abcd bilden; durch die Linse allein, ohne das Prisma, würden die Strahlen zu convergirenden werden, und also einen kleinen Kreis machen, dessen Centrum mit dem des vorigen einerley bliebe. Durch das Prisma wird der convergirende Strahlenkegel des weißen Lichts

in

zu so viele kleinere gespalten, als verschiedene Arten des Lichts von verschiedener Brechbarkeit, (das sind eigentlich unzählige,) in dem weißen Lichte enthalten sind; und es zeigen sich auf der Wand die Durchschnitte dieser einzelnen Kegel des verschiedentlich gefärbten Lichts, worin folglich nun jede Art der Farbe in einen kleinern Kreis verengert ist. Weil ferner die Mittelpuncte dieser kleinen Kreise verhältnißmäßig eben so weit von einander abstehen, als die der größern in einander fließenden des Farbenbildes EF, das ohne die Linse LL erhalten werden kann, so erscheint die Farbe lebhafter und reiner, als die Farbe der einzelnen Streifen im gewöhnlichen Farbenbilde EF. Indessen muß man nicht erwarten, daß in diesem Falle die Kreise wirklich von einander getrennt und abgesondert gesehen werden.

§. 724. Wenn man im finstern Zimmer die aus dem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen alle durch eine convexe Linse auffängt, so hat man im Brennpuncte derselben wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne, das man mit einem weißen Papiere auffangen kann. Hält man dieses näher nach der Linse zu, so erscheint das vorige gefärbte Bild wieder, nur mehr verengert, und in der vorigen Ordnung der Farben. Fängt man aber die Strahlen in einer größern Entfernung, als die Brennweite beträgt, dadurch auf, so ist auch das gefärbte Bild wieder da; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, wegen der Durchkreuzung der Strahlen im Brennpuncte,

und

und das Bild ist desto größer, je weiter man das Papier entfernt.

§. 725. Wenn man einzelne Bündel der sieben gefärbten Lichtstrahlen nach §. 721. durch eine convexe Linse auffängt, so ist das Bild davon im Brennpuncte der Linse zirkelrund, und hat dieselbe Farbe, als das darauf fallende gefärbte Licht. Die Brennweite der rothen Strahlen ist aber länger, als die der übrigen; die der blauen Strahlen am kürzesten, nach Verhältniß ihrer verschiedenen Brechbarkeit (§. 721. Anm.).

§. 726. Wenn man den durch eine runde Oeffnung in ein finsteres Zimmer fallenden Strahlencylinder in horizontaler Richtung mit einem gläsernen Kegel auffängt, dergestalt, daß die Spitze des Kegels den Strahlen zugekehrt ist; so zeigt sich auf der dahinter stehenden verticalen Wand ein schöner Kreis von den sieben Farben des Prisma, dessen Durchmesser immer größer wird, je weiter man die Wand vom Kegel entfernt, so wie dann auch die Breite der farbigen Flächen zunimmt. Die rothe Farbe liegt nach innen, die violette nach außen. Hält man die Grundfläche des Kegels gegen den einfallenden Strahl, so zeigt sich diese Erscheinung nicht.

Es sey (Fig. 112.) ABC ein gläserner Kegel im Durchschnitte, auf welchen der Strahlencylinder DdEe fällt. Der Strahl SA, der auf des Kegels Spitze A trifft, geht ungebrochen durch nach f, da er des Kegels Achse ist. Die Strahlen, die oberhalb SA liegen, werden nach unten zu, und die unterhalb SA kommen, nach oben zu durch den Kegel gebrochen. Es wird nämlich der Strahl Dd erst in d dem Einfallslothe ih zugelenkt, und beym Ausgange auf der Grundfläche BC vom Einfallslothe mn abgelenkt. Da nun die violetten Strahlen stärker brechbar sind, als die rothen, so wird auch diesemnach das violette Licht mehr als das rothe nach unten zu unter die Achse des Kegels abgelenkt

lenkt werden. Der Strahl Ee, der unterhalb der Achse SA des Kegels auffällt, wird in e erst dem Einfallslothe fg zugelenkt, und beym Ausgange aus des Kegels Grundfläche BC vom Einfallslothe kl abgelenkt; und weil die violetten Strahlen brechbarer sind, als die rothen, so kommen die erstern weiter von der Achse des Kegels Af hinaufwärts, als die letztern. — So liegen also in dem ganzen bunten Kreise, der sich bildet, die violetten nach außen, die rothen nach innen, und die andern verhältnißmäßig dazwischen.

Wenn hingegen (Fig. 113.) der Strahlencylinder DSE gegen des Kegels Grundfläche BC fällt, so entsteht kein farbiger Kreis. Der mittlere Strahl S geht ungebrochen durch die Spitze des Kegels, da er dessen Achse ist. Der Strahl D steht auch auf der Grundfläche BC senkrecht; er geht also ungebrochen ins Glas; da er aber auf der Fläche BA so schief steht, daß beym Ausgange aus dieser Fläche in f in die Luft der Brechungssinus größer werden würde, als der Sinus totus, so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung (§. 699.); er geht also nach der Fläche CA zu, wo er ungebrochen durchgehen muß, da er senkrecht oder nahe senkrecht darauf ist. So ist es mit allen über und unter der Achse SA auf die Fläche BC senkrecht fallenden Strahlen.

§. 727. Aus der verschiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen (§. 721.) folgt auch, daß in den verschiedentlichen Linsen die einfachen Strahlen des weißen Lichts, die von einerley Punct kommen, nach den Brechungen nicht in einerley Vereinigungspunct zusammenlaufen, sondern daß es vielmehr für jedes einfache Licht einen eignen Vereinigungspunct gebe; daß sie folglich auch so viele Bilder machen, als einfache Arten des Lichts in dem weißen enthalten sind. Es decken sich zwar diese verschiedenen Bilder größten Theils, doch nicht vollkommen, und daher sieht man einen violetten und blauen Rand um die Bilder, die durch erhabene Linsen in dioptrischen Werkzeugen gebildet werden. Es folgt hieraus eine andere Art von Unvollkommenheit (§. 709.) der dioptrischen Werkzeuge, welche man die **Abweichung der Strahlen**

len wegen der Farben (Aberratio ob diversam refrangibilitatem) nennt.

§. 728. Die Darstellung der gefärbten Strahlen aus weißem Lichte geschieht nicht allein durch Glas, sondern durch jeden durchsichtigen Körper, dessen Flächen brechende Winkel bilden. Nicht allein das Sonnenlicht, sondern jedes andere Licht brennender Körper erleidet im Prisma die erwähnte Brechbarkeit und Absonderung in einfache Farben.

§. 729. Aus diesen bisher vorgetragenen Erfahrungssätzen (§. 716 — 728.) folgt nun nach **Newton**, daß das weiße Licht aus verschiedenen Gattungen des einfachen Lichts vermischt bestehe, die eine verschiedene Brechbarkeit (Refrangibilitas) besitzen, deren Verhältniß im §. 721. angegeben worden ist; und die eben aus dieser Ursache, wenn sie in der Vermischung, als weißes Licht, gleichen Einfallswinkel in der brechenden Fläche hatten, nicht gleichen Brechungswinkel haben können, folglich nun von einander abgesondert werden müssen und die ihnen eigenthümliche Farbe zeigen. Von dieser Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des farbigen Lichts, die zusammen das Weiße ausmachen, rührt es nun her, daß das Farbenbild (§. 718.) länglich wird. Denn wenn man gleich gewöhnlich nur die erwähnten sieben Gattungen des farbigen Lichts annimmt, so giebt es doch eigentlich in jeder Art unzählige Verschiedenheiten der Brechbarkeit, die zwischen der größten und kleinsten Brechbarkeit inne liegen.

Wenn

Wenn wir also erst auf diejenigen der sieben Gattungen des farbigen Lichts Rücksicht nehmen, die die größte Brechbarkeit besitzen, nämlich die äußersten violetten, so würden sie in der angeführten Erfahrung für sich allein ein kreisrundes Bild der Sonne auf der weißen Wand machen müssen, wenn das Prisma die gehörige Stellung hat. Kommen nun hierzu noch die zunächst darauf folgenden minder brechbaren violetten, so würden auch diese einen violetten Kreis bilden, der das Bild der Sonne ist, dessen Mittelpunct aber mit dem des vorigen nahe zusammenfällt. So geht es nun fort, durch alle unzählige Gattungen des violetten Lichts bis zu den am mehrsten brechbaren Gattungen der indigoblauen Strahlen, und so weiter bis herab zu den am wenigsten brechbaren rothen. Es entstehen also lauter in einander fließende Kreise der unzählig verschiedenen Arten des farbigen Lichts, wovon wir freylich nur sieben verschiedene Gattungen des Lichts, nach der Beschränktheit unsrer subjectiven Einrichtung, unterscheiden können, bey denen wir aber doch wahrnehmen, daß keine scharfe Grenzlinie diese sieben verschiedenen Gattungen von einander absondert. So wird es nun einleuchtend, warum das Farbenbild zur Seite durch parallele gerade Linien, oben und unten aber durch Zirkelbogen begrenzt ist. Die längliche Gestalt des Farbenbildes ist also bloß Folge der verschiedenen Brechbarkeit, und die Erfahrung im §. 719. bestätigt es vollkommen. Denn wenn sie nur von der bloßen Distraction des Lichts herrührte, so müßte die zweyte Brechung (Fig. 108.) es nachher

auch

auch in der Breite ausdehnen, und dann müßte das neue Farbenbild die Figur des Quadrats MmNn haben, was nicht ist. Die Erfahrungen des §. 720. — 723., 725. und 726. setzen es endlich außer allen Zweifel, daß aus dem weißen Lichte verschiedene Gattungen farbigen Lichts entspringen können, die eine verschiedene Brechbarkeit besitzen; und der Versuch im §. 721. beweiset nun noch insbesondere, daß die verschiedenen einzelnen Gattungen des farbigen Lichts die ihm zukommende Brechbarkeit eigenthümlich haben, und daß ihre Farbe unveränderlich und von ihnen unzertrennlich ist. Die Entdeckungen dieser Thatsachen durch die angeführten analytischen Untersuchungen bestätigte **Newton** durch synthetische Versuche, dergleichen der §. 724. enthält; und verschaffte so seiner unsterblichen Theorie denjenigen Grad von Evidenz, der bey Gegenständen der Erfahrung nur zu erreichen möglich ist.

Newtons oben (§. 717.) angeführtes Werk; ingl. desselben *Lectiones opticae*, in seinen *opuscul. mathematic., philosoph. et philolog.* T. II. *Lausannae et Genev.* 1746. 4. S. 73. ff.

§. 730. Ungeachtet also zwar eigentlich unzählige Gattungen des verschiedentlich brechbaren gefärbten Lichts in dem weißen Lichte enthalten sind, so können wir doch, weil wir **sieben** Gattungen daran unterscheiden, nämlich **Roth**, **Orangegelb**, **Hellgelb**, **Grün**, **Hellblau**, **Indigoblau** und **Violett**, diese mit Recht als sieben verschiedene Gattungen des einfachen Lichts ansehen, wobey wir aber in jeder Gattung

tung allmählige Abstufungen von den am mehresten bis zu den am wenigsten brechbaren dieser Gattung annehmen müssen.

§. 731. Da die einzelnen Strahlen dieser sieben Gattungen des Lichts durch wiederholte Brechungen oder Zurückstrahlungen (§. 721.) nicht in der Farbe geändert, und in Licht von andern Farben zerstreuet oder zertheilt werden, so müssen wir sie für **einfach** anerkennen. Solches Licht, dessen Farbe durchs Brechen nicht weiter veränderlich ist, heißt **homogenes Licht**; und solches, das durchs Brechen verschiedentlich gefärbte Strahlen zeigt, **heterogenes Licht.** Dieses heterogene Licht kann dem homogenen Lichte in der Farbe ähnlich seyn, aber die damit veranstaltete Brechung durch ein Prisma zeigt die Zusammensetzung im erstern, und die Einfachheit im letztern bald. Solche Täuschungen haben mehrere vergebliche Widersprüche gegen Newtons Theorie veranlaßt. Die Versuche, welche Hr. **Wünsch** neulich mitgetheilt hat, verdienen indessen die Aufmerksamkeit der Physiker und die genaue Wiederholung um so mehr, da sie **Newtons** Farbenlehre nur einfacher machen, nicht aber seiner Theorie von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts widersprechen. Nach Hrn. **Wünsch** sind nämlich nur drey Gattungen des farbigen Lichts im Farbenbilde **einfach**, nämlich **Roth**, **Grün** und **Violett**, hingegen das **Orangegelb**, **Gelb**, **Hellblau** und **Indigoblau** zusammengesetzt: das Orangegelb aus dem lebhaftesten rothen und dem schwachen grünen Lichte; das Gelb aus dem lebhaftesten rothen

und

und dem lebhaftesten grünen; das Hellblau aus dem gesättigten grünen und dem gesättigten violetten; und das Indigoblau aus dem schwachen grünen und dem gesättigten violetten lichte.

Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, angestellt und beschrieben von Christ. Ernst Wünsch. Leipz. 1792. 8.

Man hat insbesondere gezweifelt, ob die grüne Farbe des Farbenbildes von homogenem Lichte herrühre, oder einfach sey, da man auch durch Vermischung des blauen und gelben Lichts ein grünes Farbenbild erhalten könne. Es fallen z. B. (Fig. 114.) in ein finsteres Zimmer auf die beyden über einander stehenden Prismen G und g zwey verschiedene Strahlencylinder des weissen Lichts S und s, und zwar sey bey dem einen Prisma G der brechende Winkel oben, bey dem andern g unten. In den aus dem Prisma G fahrenden abgesonderten farbigen Strahlen liegt aus leicht zu erachtenden Ursachen der rothe Strahl oben, der violette unten; im untern Prisma g ist es umgekehrt. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen dieser beyden Prismen durch die beyden Oeffnungen C und D von etwa ⅟₄ Zoll Durchmesser in dem verticalen Brete AB, das in hinlänglicher Entfernung von den Prismen gestellt wird, gehen, und bey ihrer Vereinigung auf die bewegliche Wand EE in F auffallen. Durch sanfte Umdrehung der Prismen um ihre Achse kann man so nach und nach alle Arten des homogenen Lichts mit einander zusammenfallen lassen. Man wird wahrnehmen, daß aus dem gelben Lichte des einen, und dem blauen des andern Prisma ein grünes Farbenbild hervorgebracht wird. Allein wenn man dieses heterogene Grün mit einem andern Prisma betrachtet, so findet man es in seine Grundfarben wieder aufgelöſ't, welches bey dem homogenen Farbenbilde dieser Art nicht geschieht.

So behaupteten auch Mariotte und Bizetti, durch ähnliche Täuschungen verleitet, daß das homogene grüne Licht des Prisma durch wiederholtes Brechen geändert werde. Es sind nämlich bey der Anstellung dieser Versuche genaue Vorsichtsregeln nöthig, deren Vernachlässigung leicht eine Quelle zu Fehlschlüssen und Irrthümern werden kann. Wenn nämlich das Zimmer nicht durchaus verfinstert ist, und von irgend wo her zusammengesetztes Licht mit durchs Prisma gehen kann, so kann es freylich geschehen, daß das Farbenbild des einfachen Lichts noch anders gefärbte Ränder hat.

§. 732. Die Ursache der Verschiedenheit der Brechbarkeit der unterschiedenen Gattungen des einfachen

fachen Lichts liegt nun wohl ohne Zweifel in der ungleichen Anziehung des brechenden Körpers gegen diese Gattungen des einfachen Lichts, und läßt sich aus dem, was oben (§. 698. Anm.) von der Ursach der Brechbarkeit überhaupt angeführt ist, erklären. Die Ursach aber, warum diese oder jene Gattung des Lichts im Auge diejenige Empfindung bewirkt, mit der die Vorstellung dieser oder jener Lichtfarbe verknüpft ist, macht keinen Gegenstand unserer Erfahrungskenntniß aus, und also läßt sich auch davon nichts weiter sagen.

Muschenbroek a. a. O. §. 1813.

§. 733. Die Fähigkeit eines brechenden Mittels, die verschiedenen Gattungen des farbigen Lichts bey der Brechung von einander abzusondern, steht übrigens nicht im Verhältnisse mit seiner Brechkraft. So kann also die **farben-zerstreuende Kraft** eines Mittels geringer seyn, obgleich die **Brechkraft** desselben größer ist, als in einem andern; und so kann auch die Verkürzung des Brechungssinus z. B. bey rothen Strahlen zu der Verkürzung desselben bey violetten Strahlen in verschiedenen brechenden Mitteln in verschiedenem Verhältnisse stehen.

Auf diesen Satz, den Newton noch nicht kannte, gründet sich die Möglichkeit der achromatischen Fernröhre.

§. 734. Wir können nun aus dem bisher Vorgetragenen Anwendungen zur Erklärung der Farben (Colores) machen, welche die Körper zeigen. Wenn das Sonnenlicht nur aus einerley Gattung des homogenen Lichts bestünde, so würde nur einerley Farbe

in der Welt seyn. Die Verschiedenheit der Farben, welche die leuchtenden oder erleuchteten Körper zeigen, rührt folglich daher, daß sie Strahlen einer oder mehrerer Gattungen ausströmen oder zurückwerfen, die in unsern Augen besondere Empfindungen hervorbringen, mit welchen die Vorstellung der verschiedenen Farben verknüpft ist.

§. 735. Die **weiße** Farbe entsteht also, wenn ein Körper die weißen Lichtstrahlen unzersetzt oder auch Licht von allen Gattungen in gehörigem Verhältnisse, in unser Auge schickt, und sie ist also eine Vermischung aller Grundfarben im gehörigen Verhältnisse; ein Körper erscheint **roth**, **orange**, **grün**, u. s. w., wenn er nur rothes, orangefarbenes, grünes Licht auf unser Auge sendet. **Schwarz** ist die Abwesenheit alles Lichts und aller Farben, und das absolute Schwarz entsteht, wenn ein Körper gar kein Licht in unser Auge sendet.

Versuch: Eine Scheibe, die nach dem oben (§. 718.) angeführten Verhältnisse der Größe der einfachen Farbenbilder des Prisma in sieben Sectoren getheilt ist, die mit den in der Farbe correspondirenden Pigmenten bemahlt worden sind, erscheint bey einem schnellen Umlaufe weiß.

Ein anderes Verhältniß der Farben gegen einander giebt beym schnellen Umdrehen der Scheibe eigene Farben.

§. 736. Körper von allerley Farben, durch gefärbte durchsichtige Gläser allerley Art betrachtet, erscheinen dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, das das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Die Fehlschlüsse, zu welchen sich gegen diesen Satz Hr.

Monge

Monge durch optische Täuschungen verleiten ließ, hat Hr. **Le Gentil** gut gezeigt.

Monge über einige Phänomene des Sehens, in Grens Journ. der Phys. B. II. S. 142. Ueber die Farbe, welche roth und gelb gefärbte Gegenstände zeigen, wenn man sie durch rothe und gelbe Gläser betrachtet, von Hrn. Le Gentil, in Grens Journ. der Phys. B. VI. S. 165.

§. 737. Erleuchtete Körper durchs Prisma betrachtet, zeigen an ihren Rändern, wo Helligkeit und Dunkelheit, Licht und Schatten, mehrere oder schwächere Erleuchtung, an einander grenzen, farbige Säume. Hr. **von Göthe** hat die mannigfaltigen Abwechselungen der Phänomene, die hierbey Statt finden, gesammelt und beschrieben; hier genügt es, nur einige der hauptsächlichsten Erscheinungen dieser Art anzuführen, da sich die übrigen alle darauf beziehen.

1) Weiße, einfärbige, und schwarze Flächen, wenn sie durchaus gleichförmig und einfärbig sind, zeigen durchs Prisma keine Farben; aber diese zeigen sich an allen Rändern.

2) Ein **weißer** Streifen auf **schwarzem** Grunde erscheint, wenn der brechende **Winkel des Prisma nach unten** zugekehrt, und der Streifen der Länge nach vor dem Auge ist, **oben** mit einem rothen und gelben, und **unten** mit einem hellblauen und violetten Saume; die beyden letztern strahlen ins Schwarz hinein.

3) Wenn der weiße Streifen nicht zu breit ist, und der Quere nach vor dem Prisma, oder parallel mit der Achse desselben steht, so erscheint er

er mit einem rothen, gelben, hellblauen und violetten Streifen ganz bedeckt; und wenn er weit genug vom Prisma entfernt ist, so ist auch noch ein grüner Streifen in der Mitte zwischen dem gelben und hellblauen, oder der gelbe Streifen wird ganz zu einem grünen.

4) Wenn ein **schwarzer** Streifen auf einem **weißen** Grunde durch ein Prisma so betrachtet wird, daß der brechende Winkel des Prisma nach unten zu gerichtet ist, so zeigen sich die vorigen Erscheinungen umgekehrt. Es ist nämlich der schwarze Streifen **oben** mit einem hellblauen und violetten, und **unten** mit einem gelben und rothen Saume umgeben. Die letztern strahlen in die weiße Grenze hinein.

5) Wird dieser schwarze Streifen auf weißem Grunde parallel mit der Achse des Prisma gelegt, so erscheint er, durchs Prisma betrachtet, mit farbigen Streifen ganz bedeckt, nämlich mit einem hellblauen, violetten, rothen, und gelben. Ist er hinlänglich weit vom Prisma entfernt, so wird die hochrothe Farbe pfirsichblüthroth.

6) Wenn der **brechende Winkel des Prisma**, durch den man sieht, **nach oben** zu gerichtet ist, so werden sich alle vorgenannte Phänomene (1 — 5) umgekehrt zeigen, so daß z. B. im erstern Falle der weiße Streifen auf schwarzem Grunde **oben** mit einem violetten und hellblauen, und **unten** mit einem gelben und rothen Saume umgeben ist, u. s. w.

Die

Die Erklärung dieser und ähnlicher Phänomene folgt aus den bisherigen Sätzen der Newtonischen Theorie des Lichts und der Farben leicht, wie ich anderswo gezeigt habe.

J. W. von Göthe Beyträge zur Optik. Weimar. kl. 8. Erstes Stück 1791. Zweytes St 1792.

In Ansehung der umständlichen Erklärung dieser Phänomene, die an sich leicht ist, wobey man aber viel Worte machen muß, wenn man sie Anfängern deutlich genug vortragen will, verweise ich auf einen Aufsatz von mir: Einige Bemerkungen über Hrn. von Göthens Beyträge zur Optik; im Journal der Phys. B. VII. S. 3. ff.

§. 738. Sonst beweisen diese Erfahrungen über die farbigen Ränder, mit denen die Körper umgeben erscheinen, wenn man sie durchs Prisma betrachtet, daß nicht nur das Licht leuchtender Körper, sondern auch das, durch welches uns die erleuchteten sichtbar sind, aus verschiedenen Arten des homogenen Lichts zusammengesetzt sey, und daß auch diejenigen Körper, die dem bloßen Auge von einer bestimmten Farbe erscheinen, doch noch außer dem Lichte von dieser bestimmten Farbe mehr oder weniger weißes Licht zugleich ausströmen.

§. 739. Die unzählige Verschiedenheit der Farben, die wir an den mannigfaltigen Körpern der Natur wahrnehmen, rührt daher, daß dieselben nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, sondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältnissen mit einander verbunden seyn können, in das Auge schicken. So entstehen alsdann die **vermischten** oder **zusammengesetzten Farben**, und vielleicht ist kein Körper in der Natur, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückstrahlte.

§. 740. Um zu erklären, wie es zugeht, daß ein Körper eine gewisse Farbe zeigt, müssen wir freylich annehmen, daß die verschiedentlichen Materien in der Natur eine Kraft haben, gewisse Gattungen des homogenen Lichts mehr zu binden, zu figiren, und ihre Expansivkraft unthätig zu machen, als andere Gattungen, wodurch dann diese letztern nur allein wieder zurückzustrahlen vermögend sind, und durch die mannigfaltigen Verhältnisse, in denen sie vermischt seyn können, die Mannigfaltigkeit der Farben und ihre Nüancen hervorbrigen. So würde also z. B. ein Körper grün aussehen, wenn er entweder nur das grüne Licht, das im weißen enthalten ist, zurückstrahlte, alle andere Gattungen aber, woraus das letztere besteht, einsaugte und figirte; oder auch, wenn er gelbes und violettes Licht zugleich reflectirte, die übrigen Gattungen des homogenen Lichts hingegen bände. Schwarz wäre der Körper, der alle Gattungen des Lichts einsaugte; weiß, der alle Gattungen im weißen Lichte reflectirte. Ich werde auf diesen Gegenstand nachher wieder zurückkommen.

§. 741. Wenn ein Körper durch die Theilchen auf seiner Oberfläche das von ihm zurückstrahlende heterogene Licht zu gleicher Zeit auch bricht, so erscheint er in verschiedenen Stellungen gegen das Auge von verschiedenen Farben.

Hierher gehören der Schillertaffent, die schillernden Papillons, die Federn am Halse der Tauben, die Pfauen- und Papagevenfedern. Alle Körper zeigen überhaupt, wenn man ihre Fläche im Sonnenscheine genau betrachtet, bunte Farben, selbst die polirten Metalle nicht ausgenommen.

§. 742.

§. 742. Wenn ein durchsichtiger Körper andere Strahlen reflectirt, als er durchläßt, so erscheint er auch beym reflectirten Lichte anders, als beym gebrochenen.

Die frische Tinctur des Griesholzes (Tinctura ligni nephritici) sieht hinter dem Lichte blaugelb, vor dem Lichte gelbroth aus. — Die Luft der Atmosphäre läßt zwar das mehreste weiße Licht hindurch, reflectirt aber doch auch zugleich blaues Licht, und sieht eben deswegen in diesem reflectirten Lichte blau aus.

§. 743. Wenn mit der Veränderung der Mischung eines Körpers auch die Anziehung seiner Theilchen gegen gewisse Gattungen des Lichts geändert wird, so muß auch wohl seine Farbe geändert werden.

Hierauf gründen sich unzählige Farbenveränderungen, welche die Chemie hervorbringen kann. Z. B.:

Die klare und ungefärbte Auflösung des Eisenvitriols im Wasser wird durch wenig Galläpfeltinctur violett, durch mehrere davon schwarz. Die Farbe verschwindet durch zugesetzte Säure.

Eben diese Auflösung wird durch Blutlauge sogleich schön blau.

Die Auflösung des Kupfervitriols im Wasser wird durch Ammoniak sogleich schön blau, durch feuerbeständiges grün.

Blaue Lackmustinctur wird durch Säure sogleich rubinroth; durch Laugensalze wieder blau. Violensyrup durch die erstere carmoisin, durch letztere grün.

Rothe Alkannatinctur wird durch Alkalien blau.

Die klare und ungefärbte Auflösung der Goldsolution im Wasser wird durch ungefärbte Zinnsolution schön purpur.

Die ungefärbte Auflösung des ätzenden Quecksilbersublimats wird durch Kalkwasser orangefarben.

Rauchender Salpetergeist von einer dunkelgelben Farbe wird durch Wasser erst grün, dann blau, dann ungefärbt.

Rothe Fernambuctinctur wird durch Laugensalze sogleich violett, durch Säure hochroth.

Gelbe Curcumatinctur wird durch Laugensalze sogleich braun.

Ferner gehören hierher die verschiedenen sympathetischen Tinten.

§. 744. Ein sehr merkwürdiges Phänomen sind die gefärbten Schatten. Wenn man des Morgens

beym Anbruche des Tages in einem Zimmer durch irgend einen Körper, z. B. den Finger, den Schatten einer brennenden Kerze auf ein weißes Papier so fallen läßt, daß zu gleicher Zeit auch von demselben ein Schatten von dem Tageslichte auf das Papier geworfen wird, so wird man den erstern Schatten, welcher dem Kerzenlichte zugehört und vom Tageslichte erleuchtet wird, bey genauerer Aufmerksamkeit darauf hellblau finden, während der Schatten des Tageslichts, der vom Kerzenlichte Erleuchtung erhält, ein gelbliches Teint hat. In einem finstern Zimmer, in welches das Licht des Tages durch eine Oeffnung tritt, läßt sich die Erscheinung noch lebhafter machen. Es zeigen sich ferner Abänderungen des blauen Schattens, wenn man den gelben durch gelb gefärbte Gläser heller oder dunkler macht, oder ihm verschiedene Nüancirungen giebt. Im finstern Zimmer sind die Schatten, die von einem und demselbigen Körper auf eine weiße Fläche durch zwey Lichtflammen geworfen werden, ungefärbt; wenn man aber den einen dadurch gelb färbt, daß man das auf ihn fallende Licht durch ein dunkelgelb gefärbtes Glas gehen läßt, so wird der andere blau. Man kann so mannigfaltige Abänderungen der Farbe in dem einen Schatten hervorbringen, während man bloß den andern durch gefärbte Gläser sich anders färben läßt; und man erhält diese Abänderungen auch ohne Gläser im finstern Zimmer, in welches Tageslicht fällt, durch das Kerzenlicht, wenn vorüberziehende Wolken Abwechselungen des Tageslichts zuwege bringen. Entsteht

hier=

hierbey die Farbe des einen Schattens, nämlich des blauen, nicht bloß durch Contrast? Wenigstens kann man wohl daraus schließen, daß den Augen in Hinsicht auf Gegenwart oder Abwesenheit von Farben nicht immer zu glauben ist.

Nachricht von einigen Versuchen über die gefärbten Schatten, vom Herrn Generallieutenant Benjam. Thompson, Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. der Phys. B. II. S. 58. ff.

§. 745. Die Durchsichtigkeit eines Körpers hängt nicht allein davon ab, daß er Licht in der gehörigen Menge, sondern daß er es auch merklich in gerader Linie durchläßt. So können zwey sehr durchsichtige Substanzen, die beyde das Licht sehr verschieden brechen, undurchsichtig werden, wenn man sie mit einander vermengt.

Wasser in Schaum verwandelt, wird undurchsichtig.

Geschmolzenes Wachs und geschmolzener Talg werden durchsichtig.

Viele Glastafeln über einander gelegt, sind wenig durchsichtig, werden aber durch dazwischen gegossenes Wasser durchsichtig.

Klares Glas wird durchs Zerstoßen zu einem Pulver undurchsichtig.

Papier mit Oehl getränkt wird durchsichtiger.

Undurchsichtige metallische Kalke und Erden werden durchs Schmelzen durchsichtiger.

Der Hydrophan und Pyrophan.

§. 746. Weil nun hierbey heterogenes Licht von einander durch Brechung abgesondert, und einige Arten des gefärbten Lichts eher reflectirt werden können, als andere, so können dadurch auch Farbenerscheinungen entstehen, wie z. B. wenn man zwey biconvexe Glaslinsen von langen Brennweiten auf einander legt. Wenn aber bey den Brechungen in verschie-

verschiedenen Mitteln das Licht bey dem Austritte eben dieselbe Richtung wieder bekommt, die es bey dem Eintritte in das brechende Mittel hatte, so wird es nicht in farbige Strahlen zertheilt.

Muschenbroek a. a. O. §. 1831. ff.

Beugung des Lichts.

§. 747. Außer der Reflexion, Refraction und verschiedenen Brechbarkeit des Lichts hat man noch eine andere Eigenschaft desselben wahrgenommen, die man die **Beugung** (Inflexio, Diffractio lucis) nennt. **Grimaldi** hat zuerst davon geredet, **Newton** aber hat das Phänomen näher bestimmt, doch aber auch die Untersuchung darüber nicht vollendet. Als er einem dünnen Sonnenstrahle, der im finstern Zimmer durch die feine Oeffnung ging, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{42}$ eines Zolles betrug, einen dünnen opaken Körper, z. B. ein Haar oder einen feinen Draht, entgegen hielt, so fand er den auf ein weißes Papier davon geworfenen Schatten breiter, als er bey dem geraden Fortgange des Lichts hätte seyn können, und zu gleicher Zeit an jeder Seite des Schattens drey gefärbte parallele Säume, wovon der, welcher den Schatten zunächst begrenzte, breiter war, als der zweyte, und von diesem wieder durch einen Schatten getrennt wurde; bey der gehörigen Entfernung des Papiers war der zweyte Saum von einem dritten durch einen dazwischen liegenden Schatten zu unterscheiden; bey zu großer Nähe des Papiers flossen die beyden äußersten Säume auf jeder Seite in einander.

Noch

Noch deutlicher wurden diese Säume, wenn er den Lichtstrahl zwischen zwey, nur $\frac{1}{400}$ eines Zolles von einander abstehenden, Messerschneiden durchgehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen sollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt und in zwey Theile getheilt, und ließ zwischen sich einen Schatten, der desto breiter war, je näher er die Schneiden zusammenrückte. Er bemerkte dabey auch auf jeder Seite des Schattens in der Mitte drey farbige Säume, die wieder durch Zwischenschatten von einander getrennt waren. Der Rand des erstern Saums an der Grenze des Schattens war violett, dann bemerkte man eine hellblaue, eine grüne, eine gelbe und eine rothe Farbe, die diesen ersten Saum auf der andern Seite begrenzte. Am zweyten, von dem erstern durch einen schmalen und dünnen Schatten getrennten, Saume war der innere Rand blau, die Mitte gelb, der äußere Rand roth; und so war es auch im dritten schmälsten Saume. — Uebrigens ist das Phänomen selbst noch nicht so untersucht, daß sich davon eine befriedigende Erklärung geben ließe. Von der Reflexion kann es gewiß nicht herrühren.

Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis, auct. P. *Franc. Mar. Grimaldo*. Bonon. 1665. 4. *Newton* Optice, l. III. S. 272. ff. *Muschenbroek* a. a. O. §. 1826 — 1829.

Das Auge. Das natürliche und durch optische Werkzeuge verstärkte Sehen.

§. 748. Um zu wissen, was es mit dem Sehen der Gegenstände für eine Bewandtniß habe, muß man

man nothwendig einige Kenntniß vom Baue des Auges und derjenigen Theile desselben haben, die zum klaren und deutlichen Sehen erfordert werden.

§. 749. Die Gestalt des **Augapfels** (Bulbus oculi) kommt der Kugelgestalt sehr nahe, nur daß vorne der durchsichtige Theil weiter hervorragend ist. Sein Längendurchmesser beträgt beym Auge des erwachsenen Menschen etwa 11½ Pariser Linie. Er ist in der, mit Fett häufig versehenen, **Augenhöhlung** (Orbita) nach allen Seiten durch sechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch die **Augenlieder** (Palpebrae) und durch die **Augenwimpern** (Cilia) bedeckt und vor einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden.

§. 750. Der Augapfel besteht aus verschiedenen **Häuten** (Membranae), welche zum Theil zusammenhängend sind, zum Theil Höhlungen zwischen sich lassen, die mit den durchsichtigen brechenden Mitteln, die man gewöhnlich die **Feuchtigkeiten** (Humores) nennt, ausgefüllt sind. Die äußerste dieser Häute ist fest, zähe, dick, aus mehrern Blättern bestehend, größten Theils undurchsichtig, und umgiebt den ganzen Augapfel. Sie heißt die feste oder **harte Haut** (Tunica sclerotica). Je mehr sie sich dem Vordertheile des Augapfels nähert, desto dünner wird sie, und endlich ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil der festen Haut, durch die das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die **Hornhaut** (Cornea transparens, Tunica cornea), und ist das Segment

einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der des übrigen Augapfels. Er ist daher hervorragend (§. 749). Seine Achse ist aber mit der Achse des Augapfels gemeinschaftlich. Die Hornhaut ist auf ihrer innern Fläche noch mit einer andern, mit vieler Schnellkraft versehenen, Haut, die man die **Desmourssche Membran** nennt, bekleidet.

§. 751. In dem Hintertheile der festen oder harten Haut, zur Seite der Achse des Augapfels, etwas nach der Nase zu, begiebt sich der **Augennerve** (Nervus opticus) in den Augapfel. Das innere Blatt seiner **festen Hirnhaut** (dura Mater), womit er bekleidet aus der Augenhöhle tritt, hilft entweder die feste Haut des Augapfels bilden, oder hängt wenigstens damit zusammen. Die **Gefäßhaut** (pia Mater) des Nerven überzieht inwendig die feste Haut des Augapfels, ist durchaus schwarzbraun und dünne. Der übrige, markige innere Theil des Nerven, gewisser Maßen die fortgesetzte Substanz des Gehirns selbst, geht in eine weiße, niedergedrückte, conische Warze aus, und die Substanz des Nerven zur Seite dieser Warze breitet sich selbst zu der innersten Haut des Auges aus, die nachher angeführt werden wird.

§. 752. Unter der harten Haut liegt zunächst an derselben die **Gefäßhaut** oder **Aderhaut** (Tunica choroidea). Sie nimmt ihren Anfang von einem weißen, aus Zellgewebe bestehenden Zirkel, der die Substanz des Sehnerven begrenzt. Sie hängt hier

mit

mit der festen Haut und diesem weißen Zirkel zusammen, und wird von da an concentrisch innerhalb der festen Haut ausgespannt, mit der sie durch etwas Zellgewebe und durch Gefäße verbunden ist. Sie ist auswendig braun, inwendig fast schwarz. Wenn sie bis an den Ursprung der durchsichtigen Hornhaut gelangt ist, so wird sie daselbst durch vieles Zellgewebe mit der festen Haut vereinigt, in Gestalt eines weißen Kreises, des **Ciliarkreises** (Orbiculus ciliaris), worin noch **Fontana's Strahlencanal** (Canalis ciliaris) zu merken ist. Von diesem Zirkel, durch den die Gefäßhaut mit der festen Haut zusammenhängt, wendet sich ihre innere Lamelle nach dem Innern des Augapfels, und bildet die **Strahlenbändchen** (Ligamenta ciliaria), dicke, schön gefaltete, vasculöse Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind und die Kapsel der Krystalllinse umgeben.

§. 753. Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern steigt die **Regenbogenhaut** (Iris) aus dem Ciliarkreise als eine Fortsetzung der Aderhaut ebenfalls herab. Sie zeigt auf ihrer vordern Seite bunte geschlängelte Streifen, die vom Umkreise herabsteigen, und diese vordere Fläche nennt man insbesondere die **Regenbogenhaut** (Iris). Auf ihrer hintern Seite besteht sie aus geraden Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind. Diese hintere Fläche nennt man auch die **Traubenhaut** (Uvea). In der Mitte dieser undurchsichtigen Haut, die Herr **Sömmering** sehr passend die **Blendung** heißt, befindet sich eine

kreis-

kreisrunde Oeffnung, die **Pupille**, die **Sehe**, das **Lichtloch**, durch welche allein das licht nach dem Innern des Auges tritt und welche auf eine bewunderns=würdige Art sich unwillkührlich bey schwachem lichte erweitert, bey starkem lichte verengert. Der zarte Rand dieser Oeffnung wird von den Streifen der hintern Seite der Regenbogenhaut gebildet.

§. 754. Wenn der Augennerve (§. 751.) durch die harte Haut und Aderhaut getreten ist, so breitet sich sein Mark zu einer feinen, zarten, in jüngern Jahren mehr durchsichtigen, im Alter mehr undurchsichtigen Haut, der **Netzhaut**, **Nervenhaut** oder **Markhaut** (Retina) aus, und legt sich allenthalben an die Aderhaut bis zum größern Kreise der Strahlenfasern an. Auf dieser Nervenhaut befindet sich, nach Herrn **Sömmerings** Entdeckung, neben dem Eintritte des Sehnerven, nach außen zu, gerade in der Achse des Auges, ein eyrunder, gelblicher, in der Mitte stärker, nach dem Umkreise zu schwächer, gefärbter Fleck, und die Nervenhaut bildet hier eine geschlängelte Falte. Diese ganze Stelle zeigt sich viel dünner, markartiger, wie die übrige Nervenhaut, besonders nach ihrem Mittelpuncte zu, wo sich sogar ein kleines, rundes loch darin befindet, mit zwar sehr dünnen, aber rein abgeschnittenen Rändern, durch welches das braune Pigment der Aderhaut bemerkbar wird.

Ueber einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menschlichen Auges, vom Herrn D. Michaelis; im Journal der Erfindungen, Theorien und Widersprüche in der Natur und Arzneyw. St. XV. S. 3. ff.

§. 755. Die so genannten Feuchtigkeiten des Augapfels (§. 750.), welche zum Brechen der Strahlen bestimmt sind, sind: 1) in der Mitte die **krystallene Feuchtigkeit** oder die **Krystalllinse** (Humor crystallinus, Lens crystallina), die eigentlich nicht so wohl eine Flüssigkeit, als vielmehr ein fester, runder, höchst durchsichtiger, biconvexer Körper ist, dessen hintere Fläche mehr erhaben ist, als die vordere, eigentlich aus mehrern mit feinen Gefäßen versehenen, und durch ein sehr feines Zellgewebe verbundenen, mit einer sehr durchsichtigen wässerigen Feuchtigkeit ausgefüllten Lamellen besteht, die eine faserige Structur haben, und bey menschlichen Augen durch sechs Scheidewände, von denen je drey vom Scheitel jeder Halbkugel der Linse gehen, getrennt sind, wie sich nach Hrn. **Reils** Entdeckung am besten durch Macerirung der Linse in schwacher Salpetersäure oder Schwefelsäure finden läßt. Die Linse ist in eine sehr durchsichtige **Kapsel** (Capsula lentis crystallinae) eingeschlossen, doch so, daß der enge Raum zwischen beyden mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt ist. Sie ist mit dem Strahlenkörper eingefaßt. Die mittlere Brechung der Linse verhält sich nach **Jurin** gegen die der Luft, wie 1,46 : 1. Nach ebendemselben beträgt nach einer Mittelzahl der Halbmesser ihrer vordern Krümmung 3,3081 englische Decimallinien, der hintere aber 2,5056; und ihre größte Dicke 1,8525 solcher Linien.

Von der faserigen Structur der Krystalllinse, vom Herrn Prof. Reil; in Grens Journal der Physik, B. VIII. S. 325. ff.

§. 756.

§. 756. Den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Krystalllinse erfüllt 2) die **wässerige Feuchtigkeit** (Humor aqueus). Der ganze Raum wird durch die Iris in die **vordere** (Camera anterior) und **hintere Kammer** (Camera posterior) eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinschaft haben. Die wässerige Feuchtigkeit füllt beyde aus und treibt die Hornhaut in die Höhe. Der Halbmesser dieser Krümmung der Hornhaut beträgt nach **Jurin** 3,3294 Decimallinien engl. Die wässerige Feuchtigkeit ist dünn-flüssig, durchsichtig und schwach-salzig. Ihre mittlere Brechkraft gegen die Luft ist wie 1,29 : 1.

§. 757. Den größern Theil des Auges hinter der Krystalllinse füllt 3) die **Glasfeuchtigkeit** (Humor vitreus) aus. Sie stellt eine sehr klare und durchsichtige Gallerte vor und besteht aus sehr feinen Zellen, in welche die gallertartige Flüssigkeit eingeschlossen ist. Sie hat vorne eine Concavität, wo sie die Krystalllinse berührt, und ist mit einer feinen, durchsichtigen, eigenen Membran eingeschlossen. Ihre mittlere Brechkraft verhält sich gegen die Luft nach **Rochon** wie 1,33 : 1.

Zinn descriptio anatomica oculi humani. Goett. 1755. 4. recud. curavit *Henr. Aug. Wrisberg*. ibid. 1780. 4. Alb. von Hallers Grundriß der Physiologie, a. dem Lat. mit Anm. von Sömmering und Meckel. Berlin 1788. 8. Kap. XV. An essay on vision, briefly explaining the fabric of the eye and the nature of vision. by *Georg Adams*. Lond. 1792. 8. **Georg Adams** Anweisung zur Erhaltung des Gesichts und zur Kenntniß der Natur des Sehens, a. d. Engl. von **Fr. Kries**. Gotha 1794. 8.

§. 758. Vermittelst dieses so bewundernswürdig eingerichteten Werkzeugs erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das **Sehen** nennen. Die richtige Erklärungsart von der Hervorbringung dieser Empfindung blieb aber lange Zeit unbekannt und wurde erst von **Keplern** entdeckt. Die Alten glaubten, daß die Strahlen von dem Auge nach den Gegenständen zu ausgingen, wie **Empedokles**, **Plato** **Euklides**, und von da wieder nach den Augen zurückgeworfen würden, wie die **Stoiker** annahmen. **Porta** entdeckte zuerst die Aehnlichkeit des Auges mit dem verfinsterten Zimmer; er zeigte dadurch einen bessern Weg zur Erklärung des Sehens, ob er sich gleich die Sache selbst noch unrichtig vorstellte, da er die Krystalllinse für die Wand hielt, auf welcher sich das Bild des Gegenstandes abbilde, und von jedem sichtbaren Puncte des Gegenstandes nur einen Strahl ins Auge kommen ließ. Erst **Kepler** gab richtige Begriffe über die Art und Weise der Entstehung des Bildes.

§. 759. Von jedem Puncte eines sichtbaren leuchtenden oder erleuchteten Körpers fahren nach geraden Linien Strahlenkegel aus (§. 654.), deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, und deren Spitze der sichtbare Punct ist. Von diesem Strahlenkegel kann nur derjenige Theil die Empfindung des Sehens des sichtbaren Punctes bewirken, welcher auf die Pupille trifft. Beym Durchgange dieses Strahlenkegels durch die Hornhaut und wässerige Feuchtigkeit vor und hinter der Pupille leidet er die ersten beyden Brechungen; auf der vordern Fläche der Kry-

stall-

stalllinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 707.), die dritte und stärkere; und in der gläsernen Feuchtigkeit die vierte Brechung. Die divergirenden Strahlen dieses Strahlenkegels werden dadurch convergirend und treffen endlich in einem Puncte zusammen. Dieser Punct der Wiedervereinigung der Strahlen ist der Ort des Bildes vom Puncte.

Es sey also (Fig. 115.) DE das Auge nach einem Durchschnitte in der Länge seiner Achse. Von dem Puncte A gehe ein divergirender Strahlenkegel aus, der auf die Hornhaut des Auges fällt. Da die Strahlen aus dem dünnern Medio, der Luft, in das dichtere übergehen, so werden sie dem Perpendikel zu gebrochen, und dadurch, wie aus dem Vorigem von der Brechung in krummen Flächen bekannt ist, convergirend, wenn der strahlende Punct nicht zu nahe, d. h., die Divergenz der Strahlen nicht zu groß ist. Man sieht, daß dadurch auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen seyn würden. Durch die Brechung in der Krystalllinse C und der Glasfeuchtigkeit werden die Strahlen noch stärker convergirend und vereinigen sich in einem Puncte in a, der das Bild von A ist.

§. 760. Die Strahlen jedes Strahlenkegels also, welcher aus jedem Puncte des Körpers ausfährt und auf die Pupille trifft, vereinigen sich also hinter der Linse, wie im finstern Zimmer, dessen Oeffnung mit einem erhabenen Glase versehen ist; und wenn das Auge die gewöhnliche Einrichtung hat, und das Object nicht zu entfernt oder dem Auge nicht zu nahe ist, so liegt das Bild des Punctes auf der Netzhaut. Von jedem sichtbaren Puncte eines Gegenstandes entsteht natürlicher Weise ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zusammen, wie im verfinsterten Zimmer, ein verkehrt stehendes vom ganzen Objecte machen.

Es sey (Fig. 116.) CAB ein Object, das vor dem Auge steht. Von den Puncten C, A und B gehen divergirende Strahlenkegel nach dem Auge, deren Strahlen durch die Brechun-

chungen zu convergirenden werden und sich wieder in einen Punct vereinigen. Sie machen also das verkleinerte und verkehrt stehende Bild dar.

§. 761. Diese Wiedervereinigung der Strahlen eines Strahlenkegels von einem sichtbaren Puncte auf der Netzhaut, oder die Abbildung des Gegenstandes auf derselben, ist nun mit der Empfindung des Sehens begleitet. Wie die Vorstellungen aber mit diesem Zusammentreffen der Lichtstrahlen zu einem Bilde des Gegenstandes zusammenhängen, dies zu erklären, reichen unsere Erfahrungen nicht hin. Das Bild und die Empfindung des Sehens sind Wirkungen einer einzigen Ursache. Wir können nicht annehmen, daß das Bild als Bild die Empfindung bewirke. Denn dies kann es ja nicht, da es nur Phantom ist; eben so wenig können also auch die Farben, die am Bilde sind, die Empfindung der Farben hervorbringen. Noch weniger wird man glauben, daß die Seele das Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut beschaue, und dadurch Vorstellung davon erhalte, so wie wir etwa in der finstern Kammer das Bild eines abgebildeten Gegenstandes wahrnehmen.

§. 762. Nur die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Puncte auf der Netzhaut erzeugt das deutliche Sehen dieses Punctes, und in so fern hierdurch sonst ein Bild des Punctes entsteht, können wir annehmen, daß das Bild die Empfindung mache. Nur die Netzhaut ist für diese Wiedervereinigungspuncte fühlbar und pflanzt die Empfindung durch den Gesichtsnerven bis

zum

zum Gehirne fort. Weiter können wir nun eben so wenig erklären, wie mit dieser Empfindung die Vorstellung des Sehens verknüpft ist, als wir es erklären können, wie der Eindruck auf die Nerven der Zunge und des Gaums den Geschmack, auf die Nerven der Nase den Geruch, oder auf den Gehörnerven das Hören, und die davon abhängenden Urtheile unserer Seele erzeuge. Die Vorstellung der Farben endlich möchte wohl aus der verschiedenen Empfindung herrühren, welche die verschiedenen Gattungen der Lichtstrahlen auf der Netzhaut bewirken, und welche sie eben so verschiedentlich rühren, als es verschiedene riechende Ausflüsse bey den Geruchsnerven thun.

§. 763. Die Frage, warum wir die Gegenstände nicht verkehrt wahrnehmen, da doch das Bild derselben auf der Netzhaut verkehrt liegt, hat in der That keinen vernünftigen Sinn. In der Zeichnung des Bildes (Fig. 116.) beziehen wir freylich dieses auf den Gegenstand, und da steht das Bild gegen diesen allerdings verkehrt. Aber bey der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenstände zusammen beziehen wir die Bilder zu den Bildern, und die haben ja gegen einander dasselbige räumliche Verhältniß, als die Objecte; folglich sind sie nicht gegen einander verkehrt. Wenn wir also einen Menschen auf dem Fußboden eines Zimmers stehend wahrnehmen, so bildet er sich so auf der Netzhaut ab, daß seine Füße gegen den zugleich mit abgebildeten Fußboden dieselbige Beziehung haben, als im Objecte. Er wird ja nicht mit dem Kopfe auf dem Fußboden stehend abgebildet;

folglich steht er auch im Bilde nicht verkehrt gegen den Fußboden und gegen die Decke des Zimmers, sondern das Bild hat dieselbige räumliche Beziehung gegen die Bilder dieser, als die Objecte. Wenn sich also alles in der Welt in derselbigen räumlichen Verbindung auf der Netzhaut abbildet, worin es natürlich ist, so sehen wir nichts verkehrt.

Das astronomische Fernrohr kann hier gar nichts dagegen, sondern wohl dafür beweisen; weil das dadurch erhaltene Bild gegen das durchs bloße Auge erzeugte eine verkehrte Lage hat.

§. 764. Eben so wenig hat es auch mit der Schwierigkeit zu bedeuten, die einige darin zu finden glaubten, daß wir mit zwey Augen die Gegenstände nur einfach sehen. Denn wenn gleich von einerley Punct zwey verschiedene Strahlenkegel nach den beyden Augen gehen, so setzen wir doch den Punct nur dahin, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels treffen muß, — und diese Spitze ist ja beyden Strahlenkegeln gemeinschaftlich; — daher muß der Punct, auch durch beyde Augen gesehen, nur einfach erscheinen. Das Gegentheil geschieht, wenn man den einen Augapfel mit den Fingern zur Seite drückt, wodurch die Spitzen der Lichtkegel von einander gebracht werden, und also das Object zwiefach empfunden wird.

§. 765. Ueberhaupt kommt es bey dem Urtheile der Seele über das Gesehene auf weit mehrere Umstände an, als bey den Empfindungen durch andere Sinne. Wir verbinden von Jugend auf unvermerkt mit dem Gesichte das Getast, und üben uns dadurch, aus dem, was uns das Auge darstellt, Urtheile über

die

die wahren und eigentlichen Lagen, Entfernungen, Größe und Gestalten der Körper zu fällen. Wir erlangen eine Fertigkeit, aus der Verbindung beyder Sinne, bey Gegenständen, die wenigstens nahe um uns herum sind, richtig zu urtheilen; aber weil auch dieses Urtheil mit dem Sehen selbst ohne unser Bewußtseyn so innig verbunden ist, so kommt es auch oft, daß wir etwas zu **sehen** glauben, was wir bloß aus dem Gesehenen **schließen**; und wir **schließen** manchmal falsch, ob wir gleich richtig sehen.

Die Geschichte einiger Blindgebohrnen und am Staar glücklich operirter Personen, (s. Cheselden in philos. transact. no. 402. und in Smith's Lehrbegriff der Optik; ingleichen Lichtenbergs Magazin für die Physik, B. 4. St. 1. S. 21.), kann es beweisen, daß wir von den Entfernungen, Lagen, Größen und Figuren der Gegenstände nicht anders, als erst durch Beyhülfe des Getasts urtheilen lernen, oder daß wir die Empfindungen des Gesichts mit denen des Getastes vergleichen müssen, um durch fortgesetzte Erfahrungen in den Stand gesetzt zu werden, aus dem Gesehenen auf ihre Entfernungen, Lage, Figur, u. s. w. zu schließen.

§. 766. Wenn man von den äußersten Enden eines sichtbaren Gegenstandes gerade Linien nach dem Mittelpuncte der Pupille des Auges zu zieht, so heißt der Winkel, den sie hier machen, der **Sehewinkel** oder die **scheinbare Größe** des Gegenstandes (Angulus opticus, visorius; Magnitudo, Diameter obiecti apparens). Dieser Sehewinkel wird bey einerley Object natürlicher Weise größer, je näher dieses dem Auge kommt, und desto kleiner, je weiter es sich davon entfernt.

§. 767. Unser Urtheil über die **Größe** der Gegenstände hängt nicht allein von ihrer wahren Größe,

sondern auch von diesem Sehewinkel mit ab, unter welchem wir die Objecte wahrnehmen, und von welchem auch die Größe des Bildes auf der Netzhaut abhängt. Gegenstände von verschiedenen wahren Größen können daher dem Auge unter einerley scheinbarer Größe erscheinen, wenn sie unter einerley Sehewinkel wahrgenommen werden; und umgekehrt können Gegenstände von einerley wahrer Größe unter einer verschiedenen scheinbaren wahrgenommen werden, wenn der Sehewinkel verschiedentlich groß ist.

Sonne und Mond können uns gleich groß erscheinen, ungeachtet ihre Größe sehr verschieden ist, wenn der Sehewinkel, unter dem wir beyde sehen, gleich groß ist.

Der Stundenzeiger einer Taschenuhr scheint uns zu ruhen, weil sich der Sehewinkel in kurzer Zeit nur unmerklich ändert.

Auf einem Kornfelde scheinen uns die Kornähren, welche weiter entfernt sind, dichter zu stehen, als die nähern.

Eine lange Allee scheint uns am Ende spitzig zuzulaufen.

§. 768. Ein bloß erleuchteter Gegenstand kann daher endlich dem Auge unsichtbar werden, wenn der Sehewinkel so klein wird, daß er nicht empfunden werden kann, oder wenn der Bogen desselben bis zu einer Größe von etwa einer Minute abnimmt. Leuchtende Gegenstände können uns hingegen in einer noch viel weitern Entfernung sichtbar bleiben, wobey sie uns aber dann auch ohne bemerkbaren Durchmesser erscheinen müssen, wie die Fixsterne.

§. 769. Sonst beurtheilen wir auch noch die wahre Größe des gesehenen Gegenstandes aus seinen uns sonst bekannten Entfernungen, aus der stärkern oder schwächern Erleuchtung, worin er uns erscheint, und dann auch aus dem Verhältnisse seines Bildes zu den

Bil-

Bildern naher Gegenstände, deren wahre Größe wir kennen.

Der hinter Bergen oder hinter Bäumen aufgehende Mond scheint uns größer, als wenn er höher am Horizonte steht.

§. 770. Die Urtheile unserer Seele über **Entfernungen** der Dinge von uns hängen keinesweges von den Empfindungen des Gesichts allein ab, sondern wir erlangen die Fertigkeit, von dem, was wir sehen, auf die Entfernungen, Größen, oder Stellen zu schließen, oder das **Augenmaaß** ebenfalls durch Vergleichung der Empfindungen des Gesichts mit denen des Getastes, und durch Erfahrungen, die wir, obgleich unvermerkt, von Jugend auf hierüber anstellen; und wir sind uns der Umstände, aus denen die Vorstellung einer wirklichen Entfernung in uns entsteht, selten deutlich bewußt. Ohne Erfahrungen durchs Getast über die Entfernung der Dinge würden wir glauben, daß die Gegenstände dicht vor dem Auge stünden.

§. 771. Bey nahen Gegenständen schätzen wir die Entfernung derselben aus der zum genauen Sehen nöthigen Veränderung des Auges, welche wir vornehmen müssen, um auf verschiedene Entfernungen deutlich zu sehen; und wir urtheilen dann, daß der Gegenstand da sey, wo die Spitzen der Lichtkegel zu stehen kommen, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist. Bey entferntern Gegenständen schätzen wir die Entfernungen aus dem Winkel, den die beyden Augenachsen mit einander machen; aus der Vergleichung der uns bekannten wahren Größe derselben mit

mit der scheinbaren, in welcher wir sie wahrnehmen; aus der größern oder geringern Helligkeit und Klarheit, worin wir sie sehen; aus der Deutlichkeit der kleinen Theile eines Gegenstandes; und endlich aus der Menge anderer zwischen dem Gegenstande und dem Auge befindlichen Dinge.

Hieraus erhellet leicht, warum uns das Meer vom Ufer aus gesehen, wenn wir sonst keine Gegenstände, wie Schiffe, Inseln, u. dergl., darauf wahrnehmen, bey weitem nicht so weit ausgedehnt erscheint, als diejenigen glauben, die es nicht gesehen haben.

§. 772. Wir können mit gesunden Augen Gegenstände in verschiedenen Entfernungen vom Auge noch deutlich wahrnehmen. Da nun das Bild eines entfernten Gegenstandes nicht so weit hinter die Krystalllinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 711.), fällt, als das Bild eines nähern, und das Auge doch nur dann deutlich sieht, wenn die Spitzen der Strahlenkegel oder das Bild des Gegenstandes die Netzhaut treffen; so muß das Auge ein Vermögen besitzen, seine Einrichtung zu ändern, und dadurch auf größere oder kleinere Weiten deutlich zu sehen. Aus der faserigen Structur der Krystalllinse läßt sich nach Hrn. Young allerdings schließen, daß wir das Vermögen besitzen, sie erhabener zu machen, oder aus der biconvexen Form mehr der Kugelgestalt zu nähern, so daß die Halbmesser ihrer Krümmungen kleiner werden, wodurch also auch ihre Brennweite kleiner wird. Dies müßte bey nahen Gegenständen statt finden, da sie hingegen bey entferntern Gegenständen wieder in den gewöhnlichen Zustand zurückkäme. Mit dieser Verände-

änderung kann eine andere recht wohl bestehen, woraus man auch die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Weiten erklärt, nämlich eine mehrere oder mindere Zusammendrückung der harten Haut durch die Augenmuskeln, wodurch zugleich die Hornhaut convexer werden kann.

Beobachtungen über das Sehen, von Herrn Thom. Young; in Grens Journ. der Phys. B. VIII. S. 415. ff. *Henr. Wilh. Math. Olbers* de oculi mutationibus internis. Goett. 1780. 4.

§. 773. Diese Veränderungen finden natürlicher Weise ihre Grenzen, und es giebt daher für jedes Auge eine gewisse Weite, in der es bey seinem natürlichen Zustande deutlich sieht. Diese Weite, bey der es kleinere Gegenstände noch deutlich wahrnehmen kann (Distantia visionis distinctae), setzt man zwar gewöhnlich auf 12 bis 16 Zoll, allein sie ist bey vielen Personen größer oder geringer.

§. 774. Wenn die Hornhaut eines Auges zu sehr erhaben, die Krystalllinse zu convex oder ihr Abstand von der Netzhaut zu groß ist, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenständen, die 12 bis 16 Zoll und darüber entfernt sind, nach dem Brechen zu früh zusammen, ehe sie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieser Gegenstände ist für ein solches Auge zu geringe, als daß der Vereinigungspunct die Netzhaut treffen sollte. Ein solches Auge sieht daher nur nahe Gegenstände deutlich, entfernte undeutlich. Personen, welche diesen Fehler haben, heißen Kurzsichtige

sichtige (Myopes), und die Weite, bey der sie kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen, erstreckt sich ungefähr nur auf 4 bis 6 Zoll. Hohlgläser vermehren die Divergenz divergirender Strahlen (§. 714.), und durch Hülfe derselben sehen also Kurzsichtige auch mehr entfernte Gegenstände deutlich.

§. 775. Wenn hingegen das Auge so beschaffen ist, daß die Hornhaut und die Krystalllinse flach, und in der Convexität vermindert ist, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von nahen Gegenständen zu spät zusammen, und das Bild würde erst hinter die Netzhaut fallen. Ein solches Auge kann nur entfernte Gegenstände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. Diejenigen, welche diesen Fehler der Augen haben, heißen **Weitsichtige** (Presbytae), und jener entsteht gewöhnlich im Alter. Die nächste Weite, wobey ein solches Auge noch deutlich sieht, ist größer als 16 Zoll; bey manchen 2 bis 3 Fuß. Da erhabene Gläser das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern (§. 707.) und die Strahlen aus nahen Puncten so zu brechen, als ob sie aus entfernten Puncten herkämen, so können Weitsichtige durch Hülfe derselben auch nahe Gegenstände deutlich sehen, und sie bedienen sich daher zu diesem Zwecke der **Brillen**.

§. 776. Gegenstände, welche sehr klein sind, sehen wir auch in der gewöhnlichen, zum deutlichen Sehen erforderlichen Weite (§. 773.) nicht deutlich.

Da=

Dadurch, daß wir sie dem Auge näher bringen, würden wir zwar den Sehewinkel, unter dem wir sie wahrnehmen, vergrößern; aber dann trifft das Bild die Netzhaut nicht mehr, und wir sehen den Gegenstand verwirrt und undeutlich. Ein Werkzeug, welches dazu dient, ganz kleine Gegenstände größer, als in der gewöhnlichen Entfernung vom Auge, und doch deutlich zu sehen, heißt ein **Mikroskop** oder **Vergrößerungsglas** (Microscopium, Engyscopium).

§. 777. Jedes erhabene Glas und jede Glaskugel vergrößern der Erfahrung zufolge die Objecte, wenn wir sie dadurch betrachten. Man bedient sich aber vorzüglich, um ganz kleine Sachen dadurch zu betrachten, kleiner, sehr erhabener Linsen, oder kleiner Glaskügelchen, und beyde heißen daher auch **einfache Mikroskope** (Microscopia simplicia). Die Strahlen, welche von diesen kleinen Gegenständen, wenn sie nahe ans Auge gehalten werden, divergirend in dasselbe treten würden, werden durch diese Vergrößerungsgläser, wenn sie in dem Brennpuncte derselben liegen, nach dem Brechen parallel (§. 707.), und das Auge sieht dadurch den sehr genäherten Gegenstand deutlich. Das Auge sieht nun den Gegenstand unter einem desto größern Sehewinkel, und also auch um desto größer (§. 767.). Ueberhaupt verhält sich die Größe, unter welcher man Gegenstände durch eine Vergrößerungslinse in dem Brennpuncte derselben erblickt, zu der Größe, in der man sie ohne Glas deutlich erkennen kann, wie die kleinste Entfernung, bey der man ohne Glas deutlich sehen kann,

zur Brennweite der Vergrößerungsgläser. Da nun der Brennpunct desto näher an das Glas kommt, je kleiner der Durchmesser der Linse wird, so sieht man auch leicht ein, daß die Linsen um desto mehr vergrößern, je kleiner der Durchmesser der Kugel ist, wovon die Fläche der Linse ein Abschnitt ist. Zu den stärksten Vergrößerungen gebraucht man daher ganz kleine Glaskügelchen.

Es sey LM (Fig. 117.) eine Glaslinse von sehr kurzer Brennweite, in deren Brennraume ein kleiner Gegenstand ab befindlich sey. Es ist aus dem Vorigen (§. 707.) klar, daß die divergirenden Strahlen, die von den erleuchteten Puncten des Objects ab gegen die Linse zu gehen, durch das Brechen zu parallelen werden. Die Strahlen des Punctes a gehen also als parallele nach O, und die des Punctes b als parallele nach Q. Die letztern schneiden die erstern unter dem Winkel QCO = aCb. Das der Linse sehr genäherte Auge sieht nun die Puncte a und b deutlich, wenn es nicht kurzsichtig ist, und so das ganze kleine Object ab. Da wir nicht gewohnt sind, Objecte so nahe am Auge wahrzunehmen, und überhaupt so kleine sonst nicht deutlich sehen, so beziehen wir das Object auf die Distanz AC, bey der wir sonst die Objecte deutlich zu sehen gewohnt sind. Da nun das Object AB in der Entfernung CA dem bloßen Auge unter eben dem Sehewinkel erscheinen würde, so schreiben wir dem Objecte ab die Größe AB zu. Es ist also die Größe des scheinbaren Durchmessers des Objects durchs Mikroskop zu der Größe desselben ohne Mikroskop, wie die Weite, bey der jemand deutlich sieht, zur Brennweite der Linse. Weil nämlich die Dreyecke aCb und ACB ähnlich sind, so ist AB : ab = AC : aC.

Man findet nach dem hier Erwähnten die Stärke der Vergrößerungen, wenn man die Entfernung, bey der man kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen kann, durch die Brennweite des Vergrößerungsglases dividirt. Wenn z. B. ein Auge in der Entfernung von 10 Zoll deutlich sieht, so ist die Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers eines Objects, das man durch ein Vergrößerungsglas von 1 Linie Brennweite betrachtet, 120 mal, folglich die Vergrößerung des Flächenraums 14400 mal.

§. 778. Um die Gegenstände in den erforderlichen Entfernungen an ein solches Vergrößerungsglas

glas bequem zu bringen und dadurch zu betrachten, und sie auch gehörig zu erleuchten, hat man mehrerley Vorrichtungen ausgedacht. Wir bemerken hier nur besonders das einfache **Wilsonsche**[1]) oder **Lieberkühnsche Mikroskop**, und das **Mikroskop mit dem Erleuchtungsspiegel**[2]).

1) Gehlers physik. Wörterb. Th. III. S. 221.

2) *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. T. II. Tab. XLV. Fig. 3.

§. 779. Sonst hat man auch **zusammengesetzte Mikroskope** (Microscopia composita), die aus mehrern Linsen bestehen, durch welche man nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild desselben umgekehrt und vergrößert sieht. Der Gegenstand erhält entweder durch einen Hohlspiegel oder durch ein convexes Glas Erleuchtung. Wir merken hier das **Cufsische Mikroskop**.

Es sey (Fig. 118.) ein kleines Object acb etwas weiter, als die Brennweite der mikroskopischen Linse LM beträgt, von derselben in der gehörigen Erleuchtung gestellt. In diesem Falle werden die divergirenden Strahlen der Puncte a, c, b durch die Brechung zu convergirenden (§. 707.), und zwar werden sie desto später zusammenlaufen, je näher sie dem Brennpuncte der Linse LM sind. BCA ist hiernach das Bild des Objects, und steht gegen dasselbe verkehrt. Wenn nun noch in FE eine größere convexe Linse ist, deren Brennraum mit dem Bilde BCA zusammenfällt, so werden die von B, C, und A ausfahrenden divergirenden Strahlen durch das Brechen zu parallelen (§. 707.), und schneiden sich in O. Ist hier in O das Auge, so sieht es das umgekehrte Bild BCA des Objects acb deutlich, unter dem Winkel BDA. Dieser verhält sich zu dem Sehewinkel, unter dem das Object ohne Mikroskop gesehen werden würde, wie die Distanz des Bildes BA von der Linse LM zur Brennweite CD der Linse FE.

Damit aber die Länge dieses Mikroskops kürzer und zugleich das Gesichtsfeld größer werde, wird zwischen LM und FE noch eine convexe Linse angebracht, und das Mikroskop wird also aus drey Linsen zusammengesetzt. Es sey (Fig.

(Fig. 119.) ein kleines Object AB, das von der kleinen mikroskopischen Linse KEC weiter absteht, als die Brennweite derselben beträgt. Die divergirenden Strahlen der Puncte B und A werden solcher Gestalt durch das Brechen in die Linse KEC zu convergirenden. Ehe aber die convergirenden Strahlen s, r, t und Z, K, V der Puncte B und A sich schneiden und das Bild machen, treffen sie auf die größere convexe Linse GH (das Collectivglas) und werden dadurch früher convergirend (§. 707.) in d und f, wo sie das umgekehrte Bild fd des Objects BA machen, von da als divergirende fkq und dpn auf die Linse nk (das Ocular) fallen, die um die Brennweite von dem Bilde fd entfernt steht. Durch das Brechen in dieser Linse werden sie nun zu parallelen, und das Auge in O sieht dadurch das Bild fd des Objects BA deutlich und vergrößert unter dem Winkel aOp.

Um die Linsen dieses zusammengesetzten Mikroskops gehörig zu stellen, den Gegenstand gegen das Instrument richtig zu ordnen, zu behandeln, und gehörig zu erleuchten, sehe man *Baker* Employment for the microscope. Lond. 1752. 8. Beyträge zum Gebrauch und Verbesserung des Mikroskops, a. d. Engl. Augsburg 1754. 8. Branders Beschreibung zweyer zusammengesetzten Mikroskope, Augsb. 1769. 8.

§. 780. Werkzeuge aus zusammen verbundenen Linsen, oder auch Spiegeln mit Linsen, welche dazu dienen, entfernte Gegenstände, die man durchs bloße Gesicht nicht deutlich sehen kann, klar und deutlich wahrzunehmen, heißen **Fernröhre, Teleskope** (Telescopia, Tubi optici). Man kann sie überhaupt in zwey Gattungen: 1) in **dioptrische**, und 2) in **catadioptrische** eintheilen.

§. 781. Die dioptrischen Fernröhre bestehen aus verschiedenen Glaslinsen, welche in einem Rohre einander näher gebracht oder von einander mehr entfernt werden können. Diese Linsen selbst führen verschiedene Namen. 1) Das **Objectivglas** oder **Vorderglas** ist dasjenige, das sich an dem äußersten Ende des Rohrs befindet und dem zu betrachtenden Gegenstande

genstande zunächst zu gerichtet ist. Es ist allemal convex und hat auch eine größere Brennweite, als die übrigen Linsen. 2) Die **Augengläser** oder **Oculargläser**, deren Stelle an dem andern Ende des Rohres ist und die dem Auge zu gerichtet sind. Ihre wahre oder eingebildete Brennweite ist immer kürzer, als die des Objectivglases. Das Rohr, worin man diese Gläser befestigt, überzieht man inwendig mit einer schwarzen Farbe, und giebt dem Objectivglase **Bedeckungen**, um dadurch die Undeutlichkeit des Bildes, welche von der Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (§. 709.) entsteht, zu verhüten; zu eben dieser Absicht dienen auch für die Augengläser die **Blendungen** in den Röhren.

§. 782. Die erstere und älteste Art dieser dioptrischen Fernröhre ist das **Holländische** oder **Galileische Fernrohr**. Es besteht aus einem convexen Objectiv- und einem concaven Ocularglase, die auf einerley Achse so gestellt sind, daß der eingebildete Brennpunct des letztern mit dem wahren Brennpuncte des erstern zusammentrifft. Die Entfernung der Linsen von einander ist folglich der Differenz ihrer Brennweiten gleich. Gegenstände durch dieses Fernrohr betrachtet, erscheinen gerade und unter einem größern Sehewinkel; eigentlich so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist. Wegen des geringen Gesichtsfeldes, oder des geringen Raumes, den man durch dieses Fernrohr übersehen kann, und wegen der Unbequemlichkeit, daß man das Auge dicht an das

Ocular

Ocular legen muß, gebraucht man es jetzt nur noch zu Taschenperspectiven.

Es sey (Fig. 120.) das convexe Objectivglas MN mit dem biconcaven Oculare PQ auf einerley Achse so gestellt, daß der Focus des erstern Do mit dem Focus des letztern Ko zusammenfalle. Es sey das Objectivglas einem sehr entfernten Objecte zu gerichtet, so daß die von den äußersten Puncten O und B des letztern auf das Objectiv fahrenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind, und sich daher in Strahlencylinder verwandeln. Die Achse A des Strahlencylinders O stehe senkrecht auf MN und PQ, so geht der Strahl, der diese Achse vorstellt, ungebrochen durch beyde Gläser, und ist ADo Die damit parallelen Strahlen dieses Strahlencylinders O werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, und würden ohne PQ in o zusammentreffen, durch die Brechung in PQ aber werden sie zu parallelen (§. 714.). Von dem untern Puncte B des Objects geht eben so ein Strahlencylinder BD nach dem Objectivglase MN, und die durch die Brechung in demselben convergirend gemachten Strahlen desselben werden durch die Brechung in PQ zu parallelen. Was von diesen Strahlencylindern O und B gilt, gilt von allen den Strahlencylindern der übrigen zwischen O und B befindlichen Puncte des Objects, die auf das Objectivglas fallen. Wenn daher das Auge dicht hinter dem Oculare PQ ist, so wird es die Puncte A und B, und so die übrigen dazwischen, deutlich sehen; denn die parallelen Strahlen Cb und Ko werden durch die Brechung im Auge ein Bild der Puncte b und o auf der Netzhaut machen, das eben so gegen das Object verkehrt steht, als es ohne die Gläser durch die Brechung im Auge allein stehen würde. Das Auge sieht also den Gegenstand aufrecht, wie natürlich, und sieht ihn unter dem Winkel bKo, unter dem die Achsen der durch die Brechung im Auge gebildeten Strahlenkegel geneigt sind. Wenn das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand OB ohne das Teleskop unter dem Winkel ADB = bDo wahrnehmen. Wegen Kleinheit der Winkel bKo, bDo können wir annehmen, daß ihre Sinus von den Bogen, die sie messen, selbst nicht merklich verschieden sind; wir können also bo als einen Bogen ansehen, der den Winkel bKo, dessen Sinus totus oK ist, und zugleich den Winkel bDo mißt, dessen Sinus totus oD ist. Da die Winkel sich verhalten wie die ihnen zugehörigen Bogen, und umgekehrt wie der Sinus totus derselben, so ist $bKo : bDo = \frac{bo}{oK} : \frac{bo}{oD} = oD : oK$.

Da nun oD, oK die respectiven Brennweiten des Objectivglases und des Oculars vorstellen, so verhält sich demnach der Winkel bKo, oder die scheinbare Größe, unter der das Object durchs Teleskop wahrgenommen wird, zu dem Winkel bDo = ADB, oder zu der scheinbaren Größe,

unter der das Object ohne das Teleskop wahrgenommen wird, wie die Brennweite oD des Objectivglases zur Brennweite oK des Oculars; oder das Object erscheint im Durchmesser so vielmal vergrößert, als oK in oD enthalten ist.

Scherfferi institut. phys. P. II. S. 245.

§. 783. Eine zweyte Art ist das **Keplersche Sternrohr** (Tubus astronomicus), in welchem ein convexes Augenglas mit einem convexen Objective von einer längern Brennweite so zusammengesetzt ist, daß ihre Entfernung von einander der Summe ihrer Brennweiten gleich ist. Der Gegenstand erscheint dadurch verkehrt, und man sieht eigentlich durch das Ocular nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild davon in dem Rohre vor dem Oculare. Dieses Fernrohr hat ein weit größeres Gesichtsfeld, als das vorige, und man bedient sich desselben zum astronomischen Gebrauche. Man sieht die Gegenstände dadurch so oft vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Es seyen (Fig. 121.) MN ein biconvexes Objectivglas, und PQ ein biconvexes Ocular von einer kürzern Brennweite, auf einerley Achse so gestellt, daß sie um die Summe ihrer respectiven Brennweiten Do + Ko von einander entfernt sind. Es sey hier ebenfalls das Object so weit entfernt, daß die von seinen sichtbaren Puncten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. O und B seyen der oberste und unterste Punct des Objects, und AD und BD die Achsen der davon auf das Objectivglas MN fallenden Strahlencylinder. Die respectiven Strahlen dieser Strahlencylinder werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, laufen im Brennpuncte des Glases MN zusammen, und machen also in bo das umgekehrte Bild des Gegenstandes AB. Da oK zu gleicher Zeit die Brennweite der Linse PQ ist, so werden die in b und o wieder divergirend auslaufenden Strahlen durch die Brechung in der Linse zu parallelen, die sich nachher wieder unter dem Winkel PFK = bKo schneiden. Das in F befindliche Auge sieht nun nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild des Gegenstandes, und zwar unter dem Winkel bKo. Wenn wir nun wieder wie vorher (§. 782. Anm.) bo für den

den Bogen nehmen, so folgt, daß sich der Winkel bKo, unter dem das Bild des Gegenstandes vermittelst des Perspectivs gesehen wird, zu bDo (= ADB), unter dem das Object AB von dem bloßen Auge in D gesehen werden würde, verhalte wie Do : Ko, d. i., wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars; oder daß der Gegenstand so vielmal vergrößert erscheint, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Da das Bild, welches das Auge durch dieses Fernrohr wahrnimmt, gegen den Gegenstand, mit dem bloßen Auge gesehen, eine umgekehrte Lage hat, so sieht man leicht, daß man die Gegenstände durch dieses Fernrohr verkehrt wahrnehmen müsse.

§. 784. Die dritte und gewöhnlichste Art ist das **Erdrohr** (Tubus terrestris), dessen Erfindung dem Pater **Rheita** zugeschrieben wird. Es besteht gewöhnlich aus drey convexen Ocularglä sern von kurzer Brennweite, und einem convexen Objective von längerer Brennweite. Die Entfernung des Objectivglases vom nächsten Oculare ist der Summe ihrer Brennweiten gleich, und auch so die Entfernung der Oculare von einander. Man sieht den Gegenstand durch dieses Erdrohr aufrechts, und eigentlich wird das verkehrte Bild des Gegenstandes, das man beym Sternrohre sieht (§. 783.), durch das zweyte Ocular wieder aufrechts gebracht. Die Vergrößerung ist wie bey dem Sternrohre, und kann größer werden, wenn man dem zweyten Ocularglase eine größere Brennweite giebt, als dem ersten. Man hat auch Erdröhre mit fünf Augengläsern.

Wenn zu den Gläsern MN und PQ des Sternrohres (Fig. 121.) noch zwey andere biconvexe RS und TV (Fig. 122.) so gefügt werden, daß diese letztern um die Summe ihrer Brennweiten von einander abstehen, so werden die parallelen Strahlen, die aus PQ herausfahren und sich in F schneiden, durch die Brechung in RS wieder zu convergirenden, und in der Brennweite von RS das Bild ωß hervorbringen, das gegen das in bo verkehrt, und also wiederum so, wie der

der Gegenstand, steht. Da die von ω und β divergirend auf TV fallenden Strahlen aus dem Brennraume dieser Linse kommen, so werden sie wieder zu parallelen, und das Auge sieht dadurch das Bild ωβ des Gegenstandes OB deutlich, und zwar in derselben Stellung, als den Gegenstand.

§. 785. Kurzsichtige müssen bey allen diesen Fernröhren die Ocularglä̈ser dem Objective näher bringen, um die sonst parallel auslaufenden Strahlen als divergirend auf das Auge zu empfangen.

§. 786. Außer der Unvollkommenheit, welche diese Werkzeuge durch die Abweichungen der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (§. 709. 781.) erhalten, besitzen sie eine noch weit erheblichere, die von der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen herrührt (§. 727.), und welche zur Folge hat, daß das Bild des Objectes mit farbigen Rändern und überhaupt undeutlich erscheint. Man suchte sonst diesen Fehler dadurch zu vermindern, daß man Objective von sehr langen Brennweiten anwendete, und mußte deswegen die Fernröhre sehr lang machen; allein die Undeutlichkeit wird dessen ungeachtet dadurch nicht gänzlich gehoben.

§. 787. Im Jahre 1747 kam **Euler** auf den Gedanken, den Fehler der dioptrischen Fernröhre, der von der Abweichung der Strahlen wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit herrührt, dadurch zu heben, daß man das Objectiv aus zweyerley durchsichtigen Materien zusammensetze, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, so daß die eine die farbigen Strahlen wieder vereinigte, welche die andere

 trennte.

trennte. **Newton** hatte diesen Fehler für unverbesserlich gehalten, und deshalb die nachher anzuführenden reflectirenden Teleskope angegeben. **Johann Dollond** behauptete zwar erst den Newtonischen Satz gegen **Eulern**; allein er fand nachher doch, nachdem besonders **Klingenstierna Newtons** Satz näher geprüft hatte, daß er geirrt habe, und war der Erste, der ein **farbenloses** oder **achromatisches Fernrohr** zu Stande brachte. Die Einrichtungen dieser Fernröhre hat nachher theils er selbst, theils sein Sohn ansehnlich verbessert, und sie führen auch noch nach ihm den Namen der **Dollondischen**, Fernröhre.

If. Newton optice, L. I. P. III. pr. 83. S. 106. Sur la perfection des verres objectifs des lunettes, par Mr. *Euler*; in d. *Mem. de l' acad. roy. des sciences de Prusse*. 1747. S. 274. Anmerkung über das Gesetz der Brechung der Lichtstrahlen von verschiedener Art, wenn sie durch ein durchsichtiges Mittel in verschiedene andere übergehen, von Sam. Klingenstierna; in den schwed. Abhandl. vom J. 1754. S. 300. An account of some experiments concerning the different refrangibility of light, by *John Dollond*; in den *philosophic. transact. Vol. L.* S. 733.

§. 788. Die Möglichkeit achromatischer Fernröhre, oder vielmehr die Möglichkeit, den Fehler der Glaslinsen, der von der verschiedenen Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des Lichts entspringt (§. 727.), zu heben, beruhet auf dem oben angeführten Satze (§. 733.): daß die Farbenzerstreuung bey der Brechung in verschiedenen durchsichtigen Mitteln nicht im Verhältnisse der brechenden Kraft derselben ist. **Dollond** fand bey seinen Versuchen, daß zwey Sorten in England gemachten Glases, **Crownglas** und **Flintglas**, zwar ziemlich gleiche Brechkraft besaßen,

indem bey ersterm der Brechungssinus für die aus der Luft einfallenden Strahlen sich zum Einfallssinus verhielt, wie 154 zu 100, im letztern wie 153 zu 100; daß aber dagegen die Farbenzerstreuung im Crownglase sich zu der im Flintglase verhielt, wie 2 zu 3. Er ersah hieraus, daß, wenn diese Glasarten gehörig mit einander verbunden würden, man so wohl in Kugelflächen als dreyseitigen Prismen eine Strahlenbrechung zuwege bringen könnte, ohne daß sich das heterogene Licht von einander absonderte, und mithin, wider **Newtons** Meinung, so wohl rothe als violette Strahlen in einer gemeinschaftlichen Richtung ohne alle Spaltung aus dem Glase herausgehen könnten; und daß also zwey aus jenen verschiedenen Glasarten gemachte Linsen ein zusammengesetztes Objectivglas geben könnten, welches den aus dem Brechungsunterschiede des farbigen Lichts herkommenden Fehler gänzlich verbesserte.

§. 789. Um dies noch mehr zu erklären, setze man, daß zwey dreyseitige Prismen, eines aus gemeinem Glase, das andere aus Flintglase (§. 788.) gemacht seyen, und daß jenes bey jedem Grade, um welchen es die rothen Strahlen bricht, die violetten um 2 Minuten mehr, dieses aber bey jedem Grade, um welchen es die rothen bricht, die violetten um 3 Minuten mehr breche. Ferner sey der brechende Winkel des Prisma aus gemeinem Glase etwas größer, als dessen aus Flintglase, so daß, wenn das rothe Licht durch jenen um 6 Grade abwärts gebrochen wird, es durch diesen, der sich in entgegengesetzter Stellung

befinden muß, um 4 Grade aufwärts gebrochen werde. Man wird nun leicht einsehen, daß die violetten Strahlen im erstern Prisma um 6 Gr. 12 Min. herab, im zweyten um 4 Gr. 12 Minuten hinauf gebrochen werden müssen, und daß sie also bey dem Austritte aus dem letztern noch um 2 Gr. abwärts gebrochen bleiben, also gerade um so viel, als es bey den rothen Strahlen der Fall ist; daß folglich so wohl rothe als violette Strahlen unter einem gleichen Neigungswinkel von 2 Graden ausfahren, ohne sich folglich zu zerspalten; und daß mithin zwar die Farbenzerstreuung, aber nicht die Brechung selbst, aufgehoben werde.

§. 790. Wenn nun zwey Glaslinsen, eine erhabene aus Crownglase, und eine hohle aus Flintglase, zusammen ein Objectivglas ausmachen, so kann man sie füglich als zwey in entgegengesetzter Stellung der brechenden Winkel auf einander liegende Prismen betrachten, und es wird sich in denselben die Strahlenbrechung auf gleiche Weise verhalten, oder die Farbenzerstreuung wird aufgehoben werden, ungeachtet die Brechung des Lichts beym Ausgange noch verbleibt, falls nur der Krümmungshalbmesser des Hohlglases zu dem des erhabenen Glases das dazu nöthige Verhältniß hat. Es wird der aus der verschiedenen Brechbarkeit des farbigen Lichts herrührende Fehler der Objectivgläser gehoben, wenn die Farbenzerstreuung (Discrimen refractionis) in dem erhabenen Glase sich zur Farbenzerstreuung in dem hohlen verhält, wie die Brennweite paralleler Strahlen im

erstern zu der im letztern, oder wie die Halbmesser ihrer Krümmungen (§. 708. 714.), wenn ein gleichförmig biconcaves Glas mit einem gleichförmig biconvexen verbunden wird.

Roger Jos. Boscovich Abhandlung von den verbesserten dioptrischen Fernröhren. Wien 1765. 8.

§. 791. Die wesentliche Einrichtung dieser achromatischen Fernröhre ist also, daß das Objectiv aus zwey ganz nahe zusammengestellten Linsen von so genanntem Crownglase und Flintglase zusammengesetzt wird. Hinter die biconvexe Linse nämlich aus Crownglase wird eine biconcave Linse aus Flintglase gesetzt, deren Krümmungshalbmesser sich gegen einander verhalten, wie die respectiven Farbenzerstreuungen dieser Glasarten. Man macht das Objectiv auch noch vollkommener dreyfach, aus zwey convexen Linsen aus Crownglase und einer dazwischen befindlichen biconcaven aus Flintglase. Diese Objective vertragen eine weit stärkere Vergrößerung, als die einfachen, und brauchen eine viel kürzere Brennweite zu haben. Das Flintglas hat seine starke zerstreuende Kraft wohl vom beygemischten Bleykalke; nur hält es schwer, dieses Glas vollkommen klar und ohne Streifen und Wellen zu erhalten.

Von der Theorie der achromatischen Fernröhre sehe man: Mémoire sur les moyens de perfectionner les lunettes d' approche pár l' usage d' objectifs composés de plusieurs matières differemment refringantes, par Mr. *Clairaut*, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1756. S. 380. Second mémoire, ebendas. 1757. S. 524. *Sam. Klingenstierna* tentamina de definiendis et corrigendis aberrationibus luminis in lentibus sphaericis refracti, et de perficiendo telescopio dioptrico. Petrop. 1762. gr. 4. Nik. Fuß umständliche Anweisung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfer-

verfertigen sind, a. d. Franz. von Geo. Sim. Klügel. Leipz. 1778. 4. *Klügel* nova constructio lentis obiectivae duplicatae ab aberratione radiorum prorsus liberae; in den Götting. gel Anzeigen 1796. St. 47. S. 465.

§. 792. Da das von Spiegelflächen zurückstrahlende weiße Licht nicht in Farben zerstreuet wird, und also dadurch nicht die erwähnte Undeutlichkeit des Bildes entsteht, so veranlaßte dies **Newton**, den Gedanken, den schon **Jacob Gregory**, und vielleicht noch früher **Mersenne**, gehabt hatte, anstatt des Objectivglases im Fernrohre einen Hohlspiegel zu gebrauchen, besonders zu benutzen. Diese Art der Fernröhre (§. 780.) führt den Namen der **Spiegelteleskope** (Tubi reflectentes).

§. 793. Die erste Art, das **Newtonische Spiegelteleskop** (Tubus Newtonianus), besteht aus einem Hohlspiegel, der in ein Rohr so eingesetzt ist, daß das andere Ende desselben der Spiegelfläche gegen über offen ist, welches nach dem Gegenstande zu gerichtet wird. Die Achse des Spiegels fällt mit der Achse des Rohrs zusammen. Die vom Hohlspiegel convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem kleinen Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen die Achse des Rohrs befestigt ist, noch ehe sie in dem Brennpuncte zusammentreffen, aufgefangen, und von demselben nun nach einer auf der Achse des Rohrs senkrechten Richtung nach dem zur Seite in dem Rohre befindlichen Oculare zurückgeworfen, in dessen Brennpuncte sie sich vereinigen und ein Bild machen. Weil man dieserhalb zur Seite in das Fernrohr hineinsieht, so ist auswendig mit der Achse desselben

ben parallel ein kleines Fernrohr, der **Finder**, durch welches man erst den zu betrachtenden Gegenstand sucht. Durch dieses Newtonische Spiegelteleskop sieht man den Gegenstand verkehrt, und so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Hohlspiegels enthalten ist.

In dem Rohre GHIN (Fig. 123.), das bey GN offen und bey HI verschlossen ist, steht der sphärische Hohlspiegel DC. Es sey die Mündung GN des Rohrs einem Gegenstande zu gerichtet, der so weit entfernt ist, daß die von einzelnen Puncten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. So kommen nun von des Objects oberstem Puncte der Strahlencylinder OO, und von dem untersten der Strahlencylinder BB. Die auf den Spiegel fallenden Strahlen OD, OC würden durch Reflexion das Bild des Punctes O in o in des Spiegels Achse machen, und die Strahlen BD und BC das Bild des Punctes B in b. Allein ehe sie zu einem Bilde zusammentreffen, werden sie von dem unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Spiegels geneigten kleinen Planspiegel TV aufgefangen, und nach dem Seitenrohre SR zu geworfen. Da hierbey die Convergenz der Strahlen nicht vermehrt und vermindert wird, so kommt die Spitze b des Strahlenkegels DbC nach β, und die Spitze o des Strahlenkegels DoC nach ω, und ωβ ist also das Bild des entfernten Gegenstandes OB. Die von ω, β ausfahrenden divergirenden Strahlen treffen auf die convexe Linse t, und werden durch die Brechung darin zu parallelen, und schneiden sich als solche in K. Das Auge in K sieht also das Bild des Gegenstandes deutlich, und zwar unter dem Sehewinkel $\beta t\omega = bto$.

Wenn nun das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand für sich unter dem Winkel $ODB = bDo$ wahrnehmen. Wenn wir, wie bey den vorigen Arten der Fernröhre, bo für einen Bogen nehmen, der die Winkel bDo und bto mißt, so ist $bto : bDo = \frac{bo}{to} : \frac{bo}{Do} = Do : to = Do : t\omega$. Der Sehewinkel vom Bilde ωβ verhält sich demnach zum Sehewinkel des Gegenstandes OB mit bloßen Augen betrachtet, wie die Brennweite DO des Hohlspiegels zur Brennweite tω des Oculars; oder der Gegenstand wird so vielmal vergrößert wahrgenommen, als die Brennweite des Oculars in der des Hohlspiegels enthalten ist.

Da nähere Gegenstände einen längern, weitere einen kürzern Focum haben, so müssen der kleine Planspiegel TV und das Ocular einander mehr genähert oder von einander mehr entfernt werden können.

Uebri-

Uebrigens sieht man leicht, warum man in diesem Teleskope den Gegenstand verkehrt wahrnehmen müsse.
Newton optice, p. 90.

§. 794. Bequemer für irdische Gegenstände ist die zweyte Art, das **Gregory'sche Spiegelteleskop** (Tubus Gregoryanus), dem Dr. Hook besonders diese Einrichtung gegeben hat. Es ist nämlich, wie bey dem vorigen (§. 793.), ein Hohlspiegel in dem Rohre befestigt, der in der Mitte eine runde Oeffnung hat. Die von demselben convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem viel kleinern Hohlspiegel, der in einer der Summe der Brennweiten beyder Spiegel gleichen Entfernung in der Achse des Rohres befestigt ist, aufgefangen, und als parallele durch die Oeffnung des größern Spiegels nach dem ersten Oculare zu geworfen, durch welches das umgekehrte Bild des Gegenstandes wieder aufrecht gebracht, und durch das zweyte Ocular in dieser Stellung gesehen wird. Dieses Teleskop hat also Aehnlichkeit mit dem dioptrischen Erdrohre (§. 784.).

In dem Rohre GHNI (Fig. 124.) sey der in der Mitte mit einer kreisrunden Oeffnung versehene Hohlspiegel DC befindlich. Er reflectirt die Strahlen OD, OC, die von einem obern Puncte des sehr entfernten Objects kommen, und die Strahlen BD, BC, die von des Objects unterstem Puncte kommen, dergestalt, daß das umgekehrte Bild ob des Objects OB hervorgebracht wird. In dem Rohre ist ein anderer kleiner Hohlspiegel TV. Ist dieser vom Bilde bo nicht so weit entfernt, als die Brennweite desselben beträgt, so werden die von bo ausgehenden divergirenden Strahlen von ihm als convergirend zurückgeworfen, und machen wiederum ein Bild in ωβ, das einerley Stellung mit dem Objecte hat. Die von ωβ divergirend ausfahrenden Strahlen werden durch die Brechung in der convexen Linse LM zu parallelen und durchkreuzen sich als solche in K, wo sie das Auge empfängt und dadurch das Bild ωβ deutlich sieht.

Wenn der kleine Hohlspiegel TV um seine Brennweite von bo absteht, so werden die davon zurückgeworfenen Strahlen zu parallelen, und durch die Brechung in der Linse LM zu convergirenden. Sie machen hier ein Bild des

des Gegenstandes, das mit ihm einerley Stellung hat. Treffen nun die divergirenden Strahlen dieses Bildes wieder auf eine zweyte erhabene Linse, die von der vorigen um die Summe der Brennweiten absteht, so werden sie dadurch zu parallelen, und das Auge sieht dadurch, wie beym Erdrohre, das Bild deutlich.

Iac. Gregorii optica promota. Lond. 1663. 4.

§. 795. Die dritte Art dieser catoptrico-dioptrischen Fernröhre ist das Cassegrainische Spiegeltelefkop, das dem Gregory'schen (§. 794.) ganz ähnlich ist, nur daß die vom größern Spiegel convergirend reflectirten Strahlen statt eines Hohlspiegels von einem kleinen erhabenen Spiegel reflectirt werden, noch ehe sie in ihrem Brennpuncte zusammenkommen, und zwischen beyden ein verkehrt liegendes Bild durch das convexe Ocularglas gesehen wird.

§. 796. Die Spiegeltelefkope waren vorzüglich beliebt, ehe die achromatischen Fernröhre erfunden waren. Sie können weit kürzer seyn, als ein gemeines dioptrisches von gleicher Güte. Aber ihre Spiegel müssen auch mit außerordentlicher Genauigkeit gearbeitet werden, und laufen an der Luft leicht an und werden unscheinbar. Gläserne Spiegel kann man wegen der doppelten Bilder, die sie machen, nicht gut dazu brauchen. Die Platina würde auch hier wieder die entschiedensten Vorzüge haben. Herr Herschel hat die Spiegeltelefkope zu einem ganz außerordentlichen Grade der Vollkommenheit gebracht und sie von ungemeiner Größe ausgeführt. Herr Schrader in Kiel hat ihm darin mit glücklichem Erfolge nachgeeifert. Bey diesen größern Telefkopen ist der Fangspiegel, der sich im Newtonischen (§. 793.) findet, weggelassen, und der Beobachter sieht von vorne in das Rohr.

Nachrichten von dem großen Herschelschen Spiegelteleskope sehe man: in Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Physik, B. V. St. 1 S. 108.; Bodens astronom. Jahrb. 1790; Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 148.

Nachricht von Hrn. Herschels vierzigfüßigem Teleskope; in Grens neuem Journ. der Physik, B. III. S. 468. ff.

§. 797. Noch sind hier einige optische Fragen zu beantworten, die in dem Vorhergehenden keinen schicklichen Platz finden konnten.

1) Was ist die Ursach der **Strahlungen**, die wir an einer Lichtflamme wahrnehmen, wenn wir sie mit blinzenden Augen betrachten? Da die bemerkbarsten Strahlungen diejenigen sind, welche von unten divergiren, und wovon jede mit einer Verticallinie einen Winkel von etwa 7 Grad bildet; und da dieser Winkel dem gleich ist, welchen die Ränder der Augenlieder beym Schließen mit einer Horizontallinie machen: so ist es nach Hrn. **Young** offenbar, daß diese Strahlungen durch Reflexion des Lichts von diesen flachen Rändern der Augenlieder hervorgebracht werden. Die Seitenstrahlungen werden durch dasjenige Licht bewirkt, welches von den Seitentheilen des Pupillenrandes reflectirt wird, während der obere und untere Theil der Pupille durch die Augenlieder bedeckt sind.

2) Wodurch scheinen **Funken** zu entstehen, wenn das Auge im Dunkeln gedrückt oder gerieben wird? Ein breiter Druck, wie der vom Finger, auf den opaken Theil des Auges im Finstern, verursacht ein kreisförmiges Spectrum an der Stelle, welche der gedrückten gegen über ist; das

Licht

licht des Discus ist schwach, das des Umkreises stärker. Wird hingegen eine schmale Fläche zum Drucke angewendet, wie der Knopf einer Stecknadel oder der Nagel, so ist das Bild schmal und hell. Offenbar rührt dies, nach Hrn. **Young**, von der Reitzung der Netzhaut am gedrückten Theile her, und das Gemüth bezieht sie auf die Stelle, von welcher licht, das durch die Pupille käme, auf diesen Fleck fallen würde. Weil die Reitzung am Umkreise der niedergedrückten Stelle, wegen der größern Dehnung, am größesten ist, so ist auch hier die Erscheinung am lebhaftesten. Wenn das Auge zu gleicher Zeit wirkliches licht empfängt, so ist nur der Umkreis leuchtend, der Discus aber dunkel; und wenn das Auge an dem Theile, wo das Bild erscheint, ein Object sehen würde, so wird dies ganz unsichtbar und verschwindet. Es verwischt also die stärkere Reitzung durch Druck die schwächere durch wirkliches licht. Wenn der vordere Theil des Auges zu wiederhohlten Malen gedrückt wird, so daß dadurch eine Art von schmerzhafter Empfindung veranlaßt wird und ein fortdauernder Druck auf die Sclerotica Statt findet, während ein ununterbrochener Druck auf die Hornhaut gemacht wird; so nehmen wir gemeiniglich leuchtende, ästige, linien wahr, die einiger Maßen unter einander verbunden sind, und von jedem Theile des Gesichtsfeldes gegen ein Centrum, das etwas mehr nach außen und höher als die Augenachse

genachse liegt, zu schießen. Wahrscheinlich wird hier eine ungleiche Bewegung der verschiedenen Stellen der Netzhaut, und mithin Reizung derselben, hervorgebracht, die das Urtheil erzeugt, das sonst mit der Reizung von wirklichem Lichte verknüpft ist.

Thom. Young oben (§. 772.) angef. Abhandl.

Nähere Untersuchungen über die Mischung und Entwickelung des Lichts, und seine Verbindung mit Wärmestoff, als Feuer.

§. 798. Die Lehre, nach welcher das Licht als eine eigenthümliche Materie, die von den leuchtenden oder erleuchteten Körpern ausgeht und in wirklich progressiver Bewegung fortgepflanzt, vorgestellt wird, heißt das **Emanationssystem**, dem man die Lehre entgegensetzt, nach welcher das Licht zwar auch von einer eigenthümlichen Materie herrühren soll, die man **Aether** nennt, doch aber so, daß das Licht nur von einem gewissen Zustande dieses allenthalben verbreiteten Aethers, nämlich von einer schwingenden Bewegung desselben, herrühre. Die Gründe, welche sich gegen die Erklärungen der Phänomene des Lichts nach letzterm Systeme, machen lassen, sind von der Art, daß sich darauf keine befriedigende Antwort geben läßt.

Das Emanationssystem hat erst, seitdem es Newton zum Grunde legte und seine herrlichen Entdeckungen in der Lehre vom Lichte darauf bauete, sein großes Ansehen erhalten. Schon bey den Alten war die Meinung herrschend, daß das Licht ein Ausfluß eines materiellen Wesens sey; Epikur, Empedokles und die Corpuscula不isten überhaupt nahmen sie

sie an, und machten daraus Erklärungen des Sehens, die aber freylich das Gepräge der gänzlichen Unbekanntschaft mit den Phänomenen des Lichts, die uns die Experimentaluntersuchungen späterer Zeiten gelehrt haben, an sich tragen. Aus einer falsch verstandenen Stelle des Aristoteles (*De mente* II. 7.) nahmen die Scholastiker Anlaß, das Licht für unkörperlich, für eine bloße Qualität zu erklären. Ihre Gründe waren: 1) weil man sonst einen leeren Raum in der Natur annehmen müsse; 2) weil die Luft von Finsterniß zum Lichte komme, ohne bemerkbare Theilung, ohne irgend eine Bewegung; 3) weil das Licht vom härtesten Krystalle, vom Wasser, u. dergl. durchsichtigen Körpern aufgenommen werde, und also an einem und eben demselben Orte mit diesen Körpern sey: Est ergo Accidens receptum in corpore, in quo aliud omnino corpus admitti non potest: 4) weil, wenn das Licht Substanz wäre, seine augenblickliche Verbreitung nicht begriffen werden könnte. Andere Gründe waren von der bey der Materialität des Lichts entstehenden Hemmung und Hinderung der leuchtenden Ströme in ihrer Bewegung, von der daraus folgenden Verminderung der Sonnenmasse, von der Unermeßlichkeit der Ausflüsse, die davon Statt finden müßten, hergenommen. Einige dieser Gegengründe müssen von selbst wegfallen, andere werden nachher näher beantwortet werden. Cartesius (*Princip. philos.* P. III. §. 55. 63. 64. *Dioptrica* §. 3. 4. ff.) hielt das Licht für den Impulsus der Materie seines zweyten Elements, der von der schnellen Bewegung eines leuchtenden Körpers herrühre. Durch die schnelle und heftige Bewegung der Theilchen des ersten und feinsten Elements würden die harten Kügelchen des zweyten Elements von allen Seiten gedrückt und gestoßen, und es pflanze sich dieser Stoß im Moment, ohne Zeit, durch alle geradlinige Reihen dieser Kügelchen fort. Diesem Systeme steht entgegen: daß die Fortpflanzung des Lichts nicht instantan ist; daß sich daraus nicht einsehen läßt, warum z. B. das dichtere Glas durchsichtig, das lockerere Papier es nicht ist; daß nach dieser Hypothese folgen würde, daß nirgends Finsterniß seyn könne, indem sich der Impulsus der Kügelchen des zweyten Elements nach allen Richtungen fortpflanzen müßte; und endlich daß das Daseyn dieses Elements ganz nur fingirt, nicht erwiesen ist. Huygens suchte dieses Cartesianische System dadurch zu verbessern (*Traité de la lumière.* à Leide 1690. 4.), daß er der Materie, von deren Impulsus die Empfindung des Lichts abhänge, und der er den Namen Aether giebt, Elasticität zuschreibt, und die Fortpflanzung des Lichts in derselben durch wellenförmige Bewegung, oder Wirbel, welche jedes von dem leuchtenden Körper bewegte Theilchen um sich her errege, erklärt. Diese Huygensche Meinung hat Euler (*nova theoria lucis et colorum*; in seinen *opusc. varii argument.* Berol. 17 6. S. 169. ff., und *Lettres à une Princesse d'Allemagne*, T. I. L. 17 — 31.) in seiner so berühmt gewordenen Theorie zum Grunde gelegt und dem

Gebäu-

Gebäude durch seine scharfsinnigen Berechnungen und seine fruchtbare Anwendung sehr viele Liebhaber erweckt. Er nimmt an, daß eine höchst subtile und elastische Materie, oder der Aether, im Weltraume ausgebreitet sey. Dieser Aether ist, seiner Berechnung zu Folge, 38736100 mal dünner, als die Luft, seine Elasticität ist aber 1287 mal größer, als die der Luft. Leuchtende Körper sind solche, deren Oberfläche in einem schnellen Zittern ihrer Theilchen ist, die dadurch den berührenden Aether eben so bewegen, wie die schallenden Körper durch ihre Schwingungen die Luft. Die Pulsus des Aethers pflanzen sich nach allen Seiten zu fort, wie die Radii einer Sphäre von ihrem Mittelpuncte. Die Succession dieser Schläge in einer und derselben geraden Linie macht den Lichtstrahl aus. Durchsichtige Körper sind solche, deren Substanz diese Schläge selbst fortpflanzt; spiegelnde Körper sind solche, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Pulsus desselben unter dem Reflexionswinkel zurücksenden. Euler bestreitet zur Begründung seiner eigenen Hypothese das Newtonische Emanationssystem mit folgenden Gründen: 1) Wenn sich die Natur nur bey geringen Distanzen der Ausflüsse bedient, z. B. beym Geruche, um die Empfindungen zu erregen, bey weitern Distanzen hingegen, wie zur Fortpflanzung des Schalles, keine solche Ausflüsse braucht, so muß sie auch, um noch entferntere Dinge dem Gesichte empfindbar zu machen, diese andere Fortpflanzungsart gewählt haben. — Ich muß gestehen, daß ich die Bündigkeit des Schlusses von dem Warum auf das Wie nicht gehörig einsehe; auch dürfen in der Naturlehre keine Erklärungen aus Zwecken geführt werden. 2) Beym Emanationssysteme müßten die Himmelsräume mit der Materie des Lichts so angefüllt seyn, und diese müßte mit einer so großen Geschwindigkeit bewegt werden, daß dadurch die Planeten in ihrem Laufe gestört werden würden. — Allein nicht zu gedenken, daß ein Theil dieses Einwurfs auf das Eulerische System selbst zurückfällt, und daß er ganz verschwindet, wenn man erwägt, daß in einer expansibelen, nicht schweren Flüssigkeit, wie das Licht ist, die Verschiebung seiner Theile kein Hinderniß der Bewegung eines Körpers darin seyn könne. 3) Die unzählbaren Lichtstrahlen müßten sich nach so vielen Richtungen durchkreuzen, daß sie durch ihren Anstoß an einander sich in ihren Bewegungen nothwendig hemmen und stören würden. — Der Einwurf fällt weg, so bald man das atomistische oder mechanische System nicht zum Grunde des Emanationssystems zu legen braucht. 4) Die Sonne müßte durch den beständigen Ausfluß der Lichtstrahlen von derselben einen Abgang ihrer Masse erleiden, und wenn diese Verminderung der Sonne noch 5000 Jahre unmerklich seyn sollte, so müßte die Dichtigkeit der Lichtstrahlen an der Erde eine Trillion mal geringer seyn, als die Dichtigkeit der Sonne, welches unbegreiflich sey. — Hierauf aber läßt sich doch wohl antworten, daß durch einen uns unbekann-

läß.

kannten Kreislauf das Licht wieder zur Sonne, als seiner Quelle, gebunden oder frey zurückkehren kann, um als freyes Licht von da wieder ausgesendet zu werden. Die Dünne des Lichts, die Euler berechnet, kann auch noch geringer seyn, ohne daß sie deswegen einen Widerspruch in sich selbst enthielte. Eine gleiche Bewandtniß hat es 5) mit der unbegreiflichen Geschwindigkeit, die, nach dem Emanationssysteme, das Licht in seiner Bewegung haben müßte. Endlich 6) der Einwurf, daß die durchsichtigen Körper alle nach geradlinigen Gängen so durchbohrt seyn müßten, daß für die undurchdringliche Materie derselben kein Raum übrig bleibe, ist ebenfalls wieder von einer bloß atomistischen Vorstellungsart hergenommen, und kann bey der Annahme einer chemischen Durchdringung ganz und gar nicht Statt finden. — Dagegen läßt sich auf der andern Seite gegen die Eulerische Theorie vom Aether selbst anführen: 1) Daß dabey ein Wesen angenommen wird, dessen Daseyn ganz nur fingirt, nicht erwiesen ist, und dessen Existenz so gar nicht einmal möglich ist. Denn wenn er ein elastisches oder expansibeles Fluidum bildete, das nicht schwer ist und auch von keiner andern Materie angezogen wird, so müßte er sich durch seine Repulsionskraft ins Unendliche zerstreuen, d. h., es würde nirgends ein endliches Quantum desselben angetroffen werden, weil nichts ist, was seiner Ausspannungskraft Grenzen setzen könnte. Sollte er aber ein schweres elastisches Fluidum bilden, wie die Luft, so würde freylich seine Beschränkung möglich seyn: dann würden wir aber sein Daseyn durchs Gewicht entdecken müssen; und davon lehren uns die Erfahrungen nichts. 2) Das Licht breitet sich ganz anders aus als die Schallwellen; denn das Sonnenlicht, das durch eine Oeffnung in ein finsteres Zimmer fällt, müßte nicht bloß in der geraden Linie, die sich von der Sonne durch die Oeffnung ziehen läßt, sondern an allen Orten im Zimmer gesehen werden, so wie man den Schall vor der Oeffnung außer dem Zimmer in demselben an allen Stellen hört.

§. 799. Der Zustand der Körper, worin sie leuchten, ist sehr häufig mit dem verbunden, worin sie erwärmen; oder Licht und Wärmestoff sind sehr häufig mit einander vereinigt. Diese Verbindung des Lichts mit Wärmestoff heißt **Feuer**; wie z. B. Sonnenfeuer, Küchenfeuer.

§. 800. Aus der sehr oft Statt findenden Coexistenz des Lichts mit Wärmestoff folgt aber nicht ihre Iden=

Identität; folgt nicht, daß auch der Wärmestoff die alleinige, objective Ursach des Leuchtens sey. Der Wärmestoff afficirt nur unser Gemeingefühl, das Licht nur unser Gesicht; beyde müssen also wesentlich verschieden seyn, wie es auch ihre übrigen Erscheinungen und die Gesetze sind, die sie befolgen. Wäre das Licht sehr verdichteter Wärmestoff, so müßte nach einer ganz natürlichen Folge bey jedem Leuchten eine hohe Temperatur zugegen seyn, wogegen doch die Erfahrung spricht. Das Licht aber sonst für eine Modification des Wärmestoffs erklären, ohne eine modificirende Ursach dazu anzunehmen, heißt Wirkungen ohne Ursach behaupten.

§. 801. Wir sehen, daß die Erleuchtung eines, auch von undurchsichtigen Materien eingeschlossenen, Raumes aufhört, wenn die Lichtquelle darin verlischt, was nicht geschehen würde, wenn das Licht, das darin einmal verbreitet ist, diesen Raum fortdauernd als expansibeles Fluidum erfüllte; ferner lehren die im Vorhergehenden schon erwähnten Erfahrungen, daß von den verschiedenen Körpern nicht alle Arten des farbigen Lichts, die zusammen das weiße Licht machen, zurückgeworfen werden, und daß eben deshalb Körper Farbe zeigen können; endlich wissen wir, daß wir im Stande sind, Körper, die an sich nicht leuchtend sind, in den Zustand zu versetzen, Licht zu entwickeln, wie z. B. alle Brennmaterialien, wenn wir sie anzünden. Aus allem diesen folgt nun, daß das Licht und die verschiedenen Arten desselben auch in einem Zustande seyn können, worin sie nicht mehr eine expansibele

pansibele Flüssigkeit, und nicht mehr fähig sind, das Organ des Gesichts zu rühren.

§. 802. Aus dem Umstande nun, der durch die in der Folge näher anzuführenden Erfahrungen bestätigt wird, daß in allen den Fällen, wenn aus Körpern Licht entwickelt werden soll, durchaus ein gewisser Grad von Wärme nöthig ist, schließe ich, daß das Licht keine ursprünglich expansibele Flüssigkeit, sondern daß seine Expansibilität eine vom Wärmestoffe abgeleitete oder mitgetheilte, oder daß das Licht aus einer, an sich nicht expansibelen, eigenthümlichen Basis und dem Wärmestoffe zusammengesetzt sey.

§. 803. Diese eigenthümliche Basis des Lichts, die in chemischer Vereinigung mit dem Wärmestoffe erst das Licht macht und mit ihm eine specifisch verschiedene Materie constituirt, welche vermögend ist, das Organ des Gesichts so zu afficiren, wie es der Wärmestoff allein nicht zu thun im Stande ist, muß durch einen eigenen Nahmen unterschieden werden, und ich nenne sie Brennstoff oder Phlogiston.

Freylich sollte ich mich fürchten, diesen Nahmen zu brauchen, da er für gewisse Leute schon allein ein hinreichender Grund seyn könnte, über mein ganzes Buch das Urtheil der Verwerfung auszusprechen. Aber das Urtheil solcher Leute, die sich durch bloße Autoritäten bestimmen lassen, wie ein Ketzergericht, das kümmert mich nicht.

§. 804. Aus diesem Satze nun, daß das Licht eine aus Brennstoff und Wärmestoff zusammengesetzte Flüssigkeit sey, läßt sich eine Menge von Erscheinungen des Lichts und Feuers erklären, die sonst ganz unerklärt bleiben müßten.

§. 805. Wenn aus der Zusammensetzung des Brennstoffes mit Wärmestoff ein für unser Gesichtsorgan bemerkbares leuchtendes Product entspringen soll, so muß ein gewisses quantitatives Verhältniß des erstern zum letztern in der Zusammensetzung Statt finden.

Es ist gleichwohl möglich, daß Wärmestoff, der nicht genug Brennstoff enthält, um vom menschlichen Gesichtsorgane noch als Licht empfunden zu werden, für andere Thiergattungen doch noch Licht ist.

§. 806. Die verschiedenen Arten des farbigen Lichts, vom weißen bis zum violetten Lichte, rühren von dem verschiedenen Verhältnisse des Brennstoffes zum Wärmestoffe, nach unzähligen Abstufungen desselben, in der Zusammensetzung zum Lichte, her. Versuche, um dieses Mischungsverhältniß in dem farbigen Lichte des Prisma auszumitteln, hat Hr. **Voigt** angestellt.

Beobachtungen und Versuche über farbiges Licht, Farben und ihre Mischung, von Joh. Gottfr. Voigt; in Grens neuem Journ. der Phys. B. III. S. 235. ff.

§. 807. Das Licht hört auf, vom Organe des Gesichts empfunden zu werden, nicht allein, wenn seine Intensität bis auf einen gewissen Grad abnimmt, sondern auch, wenn das Verhältniß des Brennstoffes zum Wärmestoffe darin bis auf eine gewisse Grenze vermindert werden ist, wo es sich uns dann bloß noch als reiner Wärmestoff offenbaren kann.

§. 808. Das Licht kann ganz zersetzt und kann wieder zusammengesetzt werden; es kann ferner verändert werden oder in eine andere Art des farbigen

Lichts

lichts übergehen, wenn das Verhältniß seiner Bestandtheile geändert wird.

§. 809. Das licht wird zersetzt, wenn seine Basis durch Anziehung anderer Substanzen dagegen vom Wärmestoffe getrennt wird, und dieser folglich allein als reiner, freyer Wärmestoff übrig bleibt, der nicht mehr leuchtend ist.

§. 810. Das licht kann aber auch dadurch aufhören, leuchtend zu seyn, wenn es, ohne zersetzt zu werden, seiner ganzen Zusammensetzung nach durch Anziehung anderer Materien dazu, aufhört, expansibele Flüssigkeit zu seyn, oder figirt wird.

§. 811. Wenn das licht andere Materien, durch die Anziehung derselben dagegen, durchdringt, ohne in seiner Zusammensetzung aufgehoben oder verändert zu werden, so sind diese Materien durchscheinend oder durchsichtig und farbenlos.

§. 812. Da aber diese farbenlosen durchsichtigen Materien gegen die specifisch verschiedenen Arten des farbigen lichts nicht gleiche Anziehung besitzen, so verursachen sie auch eine Absonderung des farbigen lichts aus weißem lichte bey der Brechung. (§. 732.)

§. 813. Die Körper werfen das licht zurück, das sie weder durch ihre Anziehung zur Basis desselben, zersetzen (§. 809.), noch sonst figiren (§. 810.), noch sonst unzersetzt, aus Mangel der Anziehung dagegen, durchlassen (§. 811.).

§. 814. Nun läßt sich auch näher bestimmen, wie die Körper, der eben (§§. 802. 813.) angeführten Theorie gemäß, **Farben** zeigen. Eine jede Art des farbigen Lichts setzt ein anderes Mischungsverhältniß seiner Ingredienzien oder Grundstoffe voraus (§. 806.). Ein Körper erscheint daher gefärbt, ungeachtet er durch weißes Licht erleuchtet wird, wenn er die Zusammensetzung des Lichts, durch Anziehung eines Antheils der Basis desselben, nur zum Theil, nicht ganz aufhebt, oder dadurch das Mischungsverhältniß der Bestandtheile des Lichts abändert, und dieses so abgeänderte Licht reflectirt. Er erscheint z. B. roth, wenn er aus dem auf ihn fallenden weißen Lichte durch Anziehung zur Basis desselben so viel von letzterer trennt, daß das Verhältniß des noch mit dem Wärmestoffe verbundenen Antheils Brennstoff zu diesem, dem Wärmestoffe, in dem zurückstrahlenden Lichte sich so verhält, wie im rothen Lichte. Ein Körper ist **schwarz**, wenn er das auf ihn fallende Licht ganz zersetzt und alle Lichtbasis vom Wärmestoffe trennt, so daß dieser nur allein übrig bleibt.

§. 815. Hiermit steht denn nun auch eine Thatsache in unmittelbarem Zusammenhange, daß nämlich die verschiedentlich gefärbten Körper bey gleichem Einflusse des Sonnenfeuers darauf nicht gleich stark und gleich schnell erwärmt werden. So ist es bekannt, daß schwarze und dunkel gefärbte Körper von den Sonnenstrahlen stärker erhitzt werden, als weiße und hell gefärbte derselbigen Art. Zwey harmonirende Thermometer, wovon die Kugel des einen durch

Rauch

Rauch geschwärzt worden, die des andern aber rein gelassen ist, den Sonnenstrahlen unter einerley Umständen ausgesetzt, werden nicht gleichförmig erhitzt werden; das geschwärzte wird eine höhere Temperatur anzeigen, als das reine. Versuche über diese ungleiche Erwärmung verschiedentlich gefärbter, und schwarzer und weißer Körper bey gleicher Intensität des darauf fallenden Sonnenfeuers haben **Muschenbroek, Franklin, Saussure** und **Pictet** angestellt. — Je mehr nämlich die Körper durch ihre Anziehung zum Brennstoffe das Licht zersetzen, je mehr sondern sie reinen Wärmestoff aus dem Lichte ab, je mehr verändern sie seine Action, zu erleuchten, in die zu erwärmen. Körper, welche das Licht ganz, ohne zersetzt zu werden, durchdringt, und die, welche es unzersetzt reflectiren, können daher nur in so fern erwärmt werden, als beym Lichte freyer Wärmestoff ist. — Die verschiedentliche Leitungskraft der verschiedenen Körper von einerley Farbe für den Wärmestoff kann übrigens die Resultate, von welchen hier die Rede ist, abändern.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. T. II. §. 1620. ff. *Franklin* Letters on philosophical subjects. S. 56. Pictets Vers. über das Feuer, §. 183. ff. Von Saussure's Reise durch die Alpen, Th. IV. §. 932. S. 109.

§. 816. Das Feuer, es sey Sonnenfeuer oder Küchenfeuer, erhitzt demnach die seinem Einflusse ausgesetzten Körper nicht allein nach Maaßgabe des freyen Wärmestoffes, der dabey ist, sondern auch nach Maaßgabe der stärkern oder schwächern Zersetzung seines Lichts, die es von diesen Körpern erleidet; und man sieht leicht, daß die Erhitzung auf letztere Weise

von

von der Natur der Körper oder von ihrer Anziehung zur Basis des Lichts abhängig ist.

§. 817. Jetzt erhellet nun auch, wie durch Verdichtung des Sonnenlichts die Fähigkeit desselben vermehrt wird, Hitze zuwege zu bringen, die Anwendbarkeit der Hohlspiegel zu **Brennspiegeln** (Specula caustica, ustoria, ardentia), und der erhabenen Linsen zu **Brenngläsern** (Vitra caustica, ustoria), und die Ursach von der Benennung des **Brennpunctes** (Focus) bey Hohlspiegeln (§. 673.) und erhabenen Linsengläsern (§. 707.).

§. 818. Wie durch die Reflexion des Lichts der Sonne von Hohlspiegeln im Brennpuncte derselben Verdichtung des Sonnenlichts entstehen müsse, ist aus dem Vorigen (§. 673.) bekannt. Ein sphärischer Hohlspiegel kann nie alle Sonnenstrahlen, die auf ihn fallen, in einen Punct, sondern sie nur in einen engern Raum vereinigen (§. 673.), so daß der sphärische Sector, der von den reflectirten Strahlen gebildet wird, sich nicht in eine Spitze, sondern in eine Kreisfläche endigt, und also der Brennpunct eigentlich eine Kreisfläche ist, dessen Abstand vom Spiegel von der Größe und Krümmung der Sphäre abhängt, von welcher die Spiegelfläche ein Theil ist. Da die reflectirten Strahlen desto früher die Achse des Spiegels schneiden, je weiter sie von der Achse des Spiegels auf ihn treffen, so ist es überflüssig, einem Brennspiegel eine große Sehne zu geben, und gemeiniglich mißt sie nur 60 Grade. Wenn nun der

Brenn-

Brennspiegel, dessen Achse genau gegen den Mittelpunct der Sonnenscheibe gerichtet ist, alles Sonnenfeuer reflectirte, das auf ihn fällt, so würde die Intensität des Sonnenfeuers in seinem Brennraume sich zur Intensität des Sonnenfeuers auf seiner Fläche wie das Quadrat des Durchmessers des Spiegels zum Quadrate des Durchmessers des kreisförmigen Brennraumes verhalten. Da indessen kein Spiegel ein vollkommener Spiegel ist (§. 678.), so muß die Intensität des Feuers im Brennraume immer kleiner seyn, als nach dieser Berechnung. Gleichwohl ist die Hitze, die große Brennspiegel in ihrem Brennraume hervorbringen können, die größeste, die wir zu erreichen im Stande sind. Beyspiele großer Brennspiegel sind der **Villettische** und **Tschirnhausensche**. Die Materie dazu kann mannigfaltig seyn, falls sie nur die gehörige Form und Politur annimmt und die Sonnenstrahlen gut zurückwirft. Gemeiniglich macht man sie von Metall. Auch ein convexes Linsenglas auf der erhabenen Seite belegt giebt einen Brennspiegel. Wenn der Brennspiegel die gehörige Wirkung thun soll, so muß seine Achse genau gegen den Mittelpunct der Sonne gekehrt seyn, und dies ist der Fall, wenn sich das Bild der Sonne auf einer Ebene, die die Achse des Spiegels lothrecht schneidet, völlig kreisrund abbildet. Diese Lage des Brennraumes macht daher manche Versuche mit dem Brennspiegel unbequem. Wegen des Sonnenlaufes und der daher entstehenden Verrückung des Brennraumes muß man dem Spiegel außer der nöthigen verticalen Bewegung auch die horizontale

tale leicht geben können. Auch mehrere Planspiegel können als Brennspiegel dienen, wenn man sie so richtet, daß sie die aufgefangenen Sonnenstrahlen alle auf Eine Stelle werfen. **Büffon** hat diesen Gedanken sehr glücklich ausgeführt. — Parabolische Hohlspiegel sind übrigens die vollkommensten Brennspiegel.

Muschenbroek a. a. O. §. 1623. ff. D. Jos. Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. a. d. Engl. übers. mit Anm. von Ge. Sim. Klügel. Leipz. 1776. 4. S. 171. 174. 101. ff. *Büffon* in den *Mém. de l'ac. roy. des sc. de Paris*, 1747. S. 82. ff. 1748. S. 305. *Courtivron*, ebendas. 1747. S. 449. ff. Hamburgisches Magazin, B. V. S. 269. B. XIV. S. 563. B. XVI. S. 313.

§. 819. Bequemer als die Brennspiegel (§. 818.) sind die **Brenngläser**, wozu man die biconvexen Glaslinsen (§. 705.) anwendet. Ihre Wirkung, die Sonnenstrahlen zu verdichten, läßt sich aus dem, was oben (§. 707.) vorgetragen worden ist, erklären. Weil aber nicht alles Sonnenfeuer, das auf sie fällt, auch durch sie geht, so ist auch ihre Wirkung bey gleicher Breite mit den Brennspiegeln kleiner. Wegen der Abweichung der Strahlen, die bey der Brechung von der Gestalt des Glases herrührt (§. 709.), ist es auch unnütz, den Brenngläsern eine Breite über 60 Gr. zu geben. Man sieht leicht, daß sie in dieser Hinsicht um desto größer oder von desto größerm Durchmesser seyn können, je größer der Radius ihrer Krümmung ist. Da ihr Brennraum, wie aus der Strahlenbrechung in diesen Gläsern bekannt ist (§. 709.), kein Punct ist, sondern noch eine merkliche Breite hat, so sucht man diesen bey großen Brenngläsern

gläsern noch durch ein zweytes Glas, das **Collectivglas**, das mit dem erstern genau auf einerley Achse steht, in einen kleinern Brennraum zu verdichten. Man stellt das Brennglas so, daß seine Achse immer genau gegen den Mittelpunct der Sonne gekehrt ist, zu welchem Ende man ihm so wohl eine horizontale als verticale Bewegung muß geben können. Die Gluth in dem Brennraume großer Brenngläser kann den heftigsten Grad erreichen. Beyspiele großer, sehr wirksamer Brenngläser sind die **Tschirnhausenschen**, wovon das größere 33 Zoll (paris.) im Durchmesser, und 12 F. Brennweite hatte. — Auch durch Verbindung zweyer Hohlgläser, deren Zwischenraum mit einer durchsichtigen Flüssigkeit, wie z. B. Wasser, Terpenthinöl, ausgefüllt ist, lassen sich Brenngläser darstellen, wovon das so genannte **Troudainische** ein Beyspiel ist. Erfahrungen über die große Hitze in dem Brennraume so wohl eines großen Tschirnhausenschen als des Troudainischen Brennglases erzählt **Macquer**. — Auch Glaskugeln mit Wasser gefüllt können Brenngläser abgeben.

Pet. Jos. Macquers chymisches Wörterbuch, übers. von Leonhardi, Th. I. S. 454.

§. 820. Der freye Wärmestoff, der beym Sonnenlichte ist, kann, wie das Licht, durch Brennspiegel convergirend zurückgeworfen werden (§. 545.); ob er aber auch mit dem Lichte in den Brenngläsern gebrochen werde, das ist noch nicht genau ausgemacht. So viel ist gewiß, daß das Glas im Stande ist, den freyen Wärmestoff beym Lichte, durch seine

Anzie-

Anziehung dazu, zum Theil abzusondern. Weil beym Küchenfeuer das Verhältniß des Lichts zum Wärmestoffe weit geringer ist, als im Sonnenfeuer, so erhellet auch der Grund, warum man sich durch eine vor das Gesicht gehaltene Glastafel eine Zeit lang vor der Gluth des Kaminfeuers, nicht aber des Sonnenfeuers, schützen könne.

§. 821. Vielleicht ist das Verhältniß des freyen Wärmestoffes zum Lichte im Sonnenfeuer nur sehr geringe; und daraus ließe sich erklären, warum die Sonnenstrahlen bey ihrem Durchgange durch die Luft, die nur wenig Licht zersetzt, die Luft selbst nur wenig erwärmen könne. In der Zersetzung des Sonnenlichts durch den Erdboden und die Körper darauf, ist auch wohl der vorzüglichste Grund zu suchen, warum die niedrigern Gegenden der Atmosphäre an der Erdfläche eine höhere Temperatur, als die höhern Regionen derselben haben.

§. 822. Billig kann man nun fragen: Was wird aus der Basis des Lichts, wenn dieses durch andere Körper zersetzt und der Wärmestoff davon geschieden wird? Die Erfahrung lehrt, daß wir Licht aus unzähligen Körpern, die an sich nicht leuchtend sind, auf mannigfaltige Weise entwickeln und sie so zu ursprünglich leuchtenden Körpern machen können; und zwar können wir drey Arten dieser Lichtentwickelung aus Körpern unterscheiden, nämlich: 1) das **Verbrennen** verbrennlicher Substanzen; 2) das **Leuchten** unverbrennlicher Stoffe, oder auch verbrennlicher,

licher, ohne Verbrennen; und 3) die **Electricität.** In allen diesen Fällen wird das licht, das dabey zum Vorscheine kommt, erst zusammengesetzt und erzeugt, aus seiner Basis, oder dem Brennstoffe, und dem Wärmestoffe; und es ergiebt sich daraus die Antwort auf die vorstehende Frage: daß das licht bey seiner Zersetzung oder so genannten Einsaugung theils durch chemische Verbindung seiner Basis mit gewissen andern Stoffen sie zu verbrennlichen mache; theils durch bloße Adhäsion dieser Basis an andere Substanzen sie in den Stand setze, durch bloße Erhitzung, ohne eigentliches Verbrennen, licht zu entwickeln; theils endlich zur electrischen Materie werde.

§. 823. Das **Verbrennen** (Combustio) entzündlicher Körper (§. 822.) ist Erzeugung von Feuer durch Zersetzung des Sauerstoffgas, oder allgemeiner, durch Aufnahme des Sauerstoffes von der verbrennlichen Substanz. Diese Art der Erzeugung des lichts und der Entwickelung des Wärmestoffes wird im folgenden Abschnitte näher untersucht werden. Die Erregung des lichts durch **Electricität** (§. 822.) kann auch erst in der Folge betrachtet werden. Es bleibt also hier nur die Erzeugung des lichts durch bloße Erhitzung unverbrennlicher Körper, oder auch verbrennlicher, doch ohne Verbrennen derselben, übrig. Hierher gehören als Beyspiele die Funken, welche Glas, Feuerstein, u. a., durch Erhitzung bey heftigem Reiben, z. B. an einem umlaufenden Mühlsteine, geben; das licht, welches Feuersteine, zwey Cacholonge, selbst unter Wasser gerieben, nach Herrn

Lichten-

Lichtenbergs Erfahrung, zeigen; das leuchten des mit wenigem Wasser frisch gelöschten Kalks im Dunkeln; das leuchten des **Hombergischen Phosphorus** aus salzigtsaurer Kalkerde beym Reiben; die Erscheinung der so genannten **Lichtmagnete**, oder solcher **Leuchtsteine** die erst dem Tageslichte ausgesetzt werden müssen, wenn sie im Dunkeln leuchten sollen; das leuchten sehr vieler Körper nach **Wedgwood's** Erfahrungen, wenn sie bis auf einen gewissen Grad erwärmt worden sind; das leuchten eines Gemenges von Schwefel und Kupferfeil beym Zusammenschmelzen mit Ausschluß der luft nach van **Troostwyk**, **Deiman** u. A. Das leuchten der Körper, das ein schwaches Verbrennen derselben ist, gehört nicht hierher. Das licht, das die Körper durch bloße Erhitzung oder Erwärmung, ohne eigentliches Verbrennen, zeigen, rührt von dem Brennstoffe her, den sie durch die Zersetzung des lichts aufgenommen hatten, der aber nicht chemisch damit verbunden zu seyn, sondern ihnen nur zu adhäriren scheint, und daher durch eine höhere Temperatur ihnen wieder entzogen werden kann, indem er sich dann wieder mit dem Wärmestoffe zum lichte verbindet und als solches austritt. Doch kann auch chemisch gebundener Brennstoff durch Veränderung der Mischung, (wie z. B. beym Zusammenschmelzen des Schwefels mit Kupfer, beym löschen des Kalks mit Wasser,) und daher entstehender Verminderung der Capacität der Materie zu demselben, durch den Wärmestoff als licht ausgeschieden werden.

Ueber das Leuchten verschiedener Körper beym Erhitzen oder Aneinanderreiben, von Jos. Wedgwood; in Grens Journ. der

der Physik, B. VII. S. 45. Versuche über die Entzündung des Schwefels mit Metallen, ohne Gegenwart der Lebensluft, von Hrn. Deiman, Trostwyk ꝛc.; in Crells chem. Annalen, 1793. B. II. S. 383. ff. *Iac. Bart. Beccarii* de quam plurimis phosphoris nunc primum detectis commentarius; in den *comment. bononiens.* T. II. P. II. S. 136. ff. P. III. S. 498. ff.; übersetzt im allgem. Magaz. der Natur, Kunst und Wissenschaften, Th. VI. S. 1181. ff. Th. VII. S. 163. ff.

§. 824. Hierher gehört auch die leuchtende Hitze unverbrennlicher Substanzen durch **mitgetheiltes Glühen**. Wenn es, wie Einige annehmen, bloß daher rührte, daß diese Körper durch Erweiterung ihrer Poren in der Hitze das Licht frey durchließen, so müßte durch Entfernung derselben aus dem Feuer ihr Glühen auch sogleich aufhören; sie behalten aber ihre leuchtende Hitze eine merkliche Zeit fort, und zwar mit veränderter Art des ausströmenden Lichts, wie man am besten wahrnehmen kann, wenn man ihr Leuchten an einem dunkeln Orte beobachtet. Sie gehen beym allmähligen Erkalten vom Weisglühen bis zum dunkeln Rothglühen verschiedene Nüancen des Lichts durch. Es ist mir wahrscheinlich: daß hierbey das Licht seiner ganzen Substanz nach, also ohne zersetzt zu werden, von den Körpern angezogen werde und ihnen adhärire; daß die Capacität der Körper dazu in der höhern Temperatur zunehme; und daß sie nun beym Erkalten es nach und nach wieder, wegen Abnahme ihrer Capacität dagegen, entlassen. — Vielleicht findet bey den vorher erwähnten so genannten Lichtmagneten (§. 823.) etwas Aehnliches Statt.

§. 825. Nach der bisher vorgetragenen Theorie von der Zusammensetzung des Lichts muß man also

dasselbe

dasselbe als ein vorzügliches Agens in der Natur betrachten. Sein Beytritt zu gewissen Stoffen verschafft uns verbrennliche Substanzen, ändert die Mischung unzähliger Materien, erzeugt die electrische Materie der Körper. Wenn wir auch nur einige Aufmerksamkeit auf die dem Einflusse des Lichts ausgesetzten Körper werfen, so zeigt sich sehr bald, daß die Einwirkung desselben im Stande ist, beträchtliche Veränderungen der Mischung zuwege zu bringen. Die Nothwendigkeit des Lichts z. B. zum Gedeihen der Gewächse ist unläugbar. Pflanzen, die beym Ausschlusse von allem Lichte wachsen, werden bleich, verlieren ihre Farbe, und erhalten diese nach und nach wieder beym Einflusse des Lichts darauf. Alle keimende Pflanzen, wenn sie erst aus der Erde hervor an das Tageslicht treten, sind weiß und ungefärbt, und werden erst grün beym Einflusse des Lichts darauf; die innern Blätter der Kohl- und Lattigarten, die von den äußern gegen den Einfluß des Lichts gedeckt sind, sind wässerig, weiß und ungefärbt, und sie erlangen erst Farbe, wenn sie sich entfaltet haben. Die Erfahrungen des Hrn. von **Humboldt** können jene allgemeine Thatsache nicht umstoßen, sondern nur beweisen, daß die Pflanzen ihren Brennstoff auch außer dem Lichte aus andern Stoffen, besonders aus gewissen Gasarten, zu ziehen im Stande sind. Andere Beyspiele von diesem Einflusse des Lichts werden in der Folge hier und da noch näher in Betracht kommen.

F. A. von Humboldt Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen. Leipzig 1794. 8. Grens system. Handb. der Chemie, Th. I. §. 1384. ff.

Drit-

Drittes Hauptstück.

Schwere einfache Stoffe und ihre Verbindungen.

Erscheinungen des Verbrennens in atmosphärischer Luft.

§. 826.

Die merkwürdigste Art der Erzeugung des Lichts und des Feuers ist das **Verbrennen** (§. 823.), wovon wir die begleitenden Umstände hier noch näher zu untersuchen haben.

§. 827. Man nehme einen offenen Glascylinder, der mit einem eingeriebenen Stöpsel luftdicht verschlossen werden kann, stelle ihn offen in eine Schaale mit Quecksilber, so daß er tief genug darin steht, etwa zur Hälfte seiner Höhe; man verstopfe ihn genau, und merke sich die Höhe des Quecksilbers in ihm genau durch ein angebrachtes Zeichen. Man lasse hierauf ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder treten, (auf 9 Cubikzoll eingeschlossener Luft wenigstens 1 Gran,) und zünde ihn vermittelst eines Brennglases durch Sonnenfeuer an. Er verbrennt mit Flamme und vielem weißen Rauche. Anfangs wird die Luft durch die entstehende Hitze ausgedehnt, und deshalb muß der Cylinder tief genug im Quecksilber

stehen,

stehen, damit nichts von derselben entwischen kann; ihr Volum nimmt aber bald ab, und das Quecksilber steigt über das gemachte Zeichen in dem Cylinder durch den Druck der äußern Luft empor. Nachdem alles erkaltet und auf die vorige Temperatur zurückgebracht ist, so findet man die rückständige Luft um ein Merkliches in ihrem Volum vermindert, so daß bey genau angestellter Messung etwa 0,25 bis 0,27 ihres vorigen Volums fehlen. Wenn die Luft und das Quecksilber recht trocken waren, so findet man die Fläche des Quecksilbers und des Cylinders mit einem weißen Salze bedeckt, das sauer schmeckt, sich leicht im Wasser auflös't und an der freyen Luft zu einer sauern Flüssigkeit zerfließt. Es ist Phosphorsäure, und sie wiegt, noch ehe sie zerfließt, mehr als der Antheil Phosphor, der dabey verbrannt ist, dergestalt, daß jeder Gran Phosphor beym gänzlichen Verbrennen etwa 2½ Gran dieser trockenen Säure liefert. In 12 Cubikzoll (paris.) atmosphärischer Luft kann man etwa 1 Gr. (franz.) Phosphor verbrennen; die Luft nimmt dabey etwa um 3 Cubikzoll oder 1½ Gran ab, und diese Abnahme correspondirt der Zunahme des Gewichts der erzeugten Phosphorsäure. Die bey diesem Prozesse übrig bleibende Luft ist zum fernern Verbrennen des Phosphors so wohl als jedes andern verbrennlichen Körpers unfähig; auch ersticken Thiere darin.

Lavoisier traité élémentaire de Chimie, T. I. p. 58 — 66.

§. 828. Diese Erscheinungen (§. 827.) finden bey allem und jedem Verbrennen Statt, und so lassen

sich

sich folgende Umstände als ganz allgemein festsetzen:

1) Zur Entzündung jedes verbrennlichen Körpers ist ein gewisser Grad von Erhitzung desselben nöthig, der nach der Natur desselben größer oder geringer ist.

Wenn z. B. Phosphor entzündet werden und verbrennen soll, so muß er wenigstens erst 30° R. erhitzt seyn; Schwefel fängt erst an zu brennen, wenn er über seinen Schmelzpunct erhitzt ist; Kohle muß bis zum Glühen erhitzt seyn.

2) Beym Ausschlusse der atmosphärischen Luft geschieht kein Verbrennen; und es geschieht um desto lebhafter, je mehr ihr Zutritt befördert wird.

Wir vermehren daher das Verbrennen und verstärken die Gluth, je mehr wir den Luftzugang zum brennenden Körper befördern. Dies beweiset die Wirkung des Löthrohres, der Blasebälge und anderer Arten des Gebläses, des beschleunigten Luftzugs der Windöfen, und endlich die Argandsche Lampe.

3) In einer gegebenen Menge von atmosphärischer Luft kann nur eine gewisse Menge des verbrennlichen Körpers verbrennen.

So kann z. B. in 12 Cubikz. (paris.) atmosphärischer Luft etwa nur 1 Gr. (paris.) Phosphor verbrennen; der übrige bleibt unverbrannt übrig.

4) Die atmosphärische Luft, worin ein Körper gehörig verbrannt worden ist, ist, bey gleichem Drucke und gleicher Temperatur, im Gewichte und Umfange vermindert, und hat die Fähigkeit verloren, zum fernern Verbrennen und zur Respiration für Thiere zu dienen.

5) Der verbrannte Rückstand des Körpers, (er sey nun fest, oder tropfbar-flüssig, oder bilde

ein elastisches Fluidum,) wiegt um so viel mehr, als das Gewicht des verschwundenen Antheils der atmosphärischen Luft beträgt.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

§. 829. Offenbar ist also unsere **atmosphärische Luft**, (die wir hier von der **Atmosphäre** selbst unterscheiden,) aus zwey verschiedenen Luftarten zusammengesetzt: aus einer, die allein das Verbrennen zu unterhalten fähig ist, die beym Acte des Verbrennens selbst zersetzt wird, die allein zu den Functionen der Respiration für Thiere fähig ist, die höchstens etwa 0,27 der atmosphärischen Luft ausmacht, und die wir durch den Namen der **Lebensluft** (Aër vitalis), oder des **Sauerstoffgas** (Gas oxicum), (aus Gründen, die sogleich erhellen werden,) unterscheiden; und dann aus einer andern Luftart, die nicht zur Unterhaltung des Verbrennens geschickt ist, worin Thiere ersticken, die wenigstens etwa 0,73 Theile darin beträgt, und die den Namen des **Stickgas** (Gas azotum) erhalten hat.

§. 830. Diese beyden Gasarten finden sich aber in der atmosphärischen Luft nicht an allen Orten und nicht immer in gleichem Verhältnisse, indem in und an der Atmosphäre beständig solche Prozesse vorgehen, wobey die Lebensluft (§. 829.) zerstört und zersetzt; andere, wobey sie erzeugt und hervorgebracht wird.

Carl Wilhelm Scheele chemische Abhandlung von Luft und Feuer. Leipzig 1782. 8. Lavoisier a. a. O. S. 33. ff.

Sauer=

Sauerstoffgas. Sauerstoff.

§. 831. Einige Substanzen, welche das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft in der Hitze zersetzen und die Grundlage derselben in sich nehmen, entlassen diese letztere wieder in einer stärkern Hitze des Glühens, wie z. B. das Quecksilber, so daß man dadurch im Stande ist, diesen Bestandtheil der atmosphärischen Luft vom Stickgas abgesondert für sich darzustellen. Sonst kann man noch aus vielen andern Körpern in der Glühehitze das Sauerstoffgas reichlich gewinnen, wie z. B. aus Salpeter und dem Braunsteine (dem natürlichen Magnesiumkalke). Wir wollen hier den letztern dazu wählen.

§. 832. Man fülle eine kleine irdene Retorte mit reinem gepulverten Braunsteine, kütte an die Mündung ihres Halses eine blecherne Röhre luftdicht an, lege die Retorte in einen Windofen, bringe die Mündung der Röhre unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats (§. 609.), und erhitze die Retorte allmählig und stufenweise bis zum Glühen. Erst geht die atmosphärische Luft der Gefäße über, beym Glühendwerden des Braunsteins aber entwickelt sich die Lebensluft oder das Sauerstoffgas, das sich dadurch zu erkennen giebt, daß ein glimmender Holzspan darin von selbst zur Flamme ausbricht. Wenn keine Luft mehr kommt, nimmt man die Mündung der Röhre aus dem Wasser, und läßt die Retorte erkalten.

§. 833. Dieses Gas unterscheidet sich nun auffallend von der atmosphärischen Luft, ob es gleich in einigen Eigenschaften mit ihr überein kommt. Es ist geschmack- und geruchlos; wird vom Wasser nicht zersetzt; ist etwas specifisch schwerer, als atmosphärische Luft (§. 368. S. 253.); und ist zur Respiration für Thiere und zur Unterhaltung des Verbrennens weit fähiger, als die letztere. Ein Thier erstickt im eingeschlossenen Raume dieser Luft viel später, als in einem gleich großen eingeschlossenen Raume von atmosphärischer Luft. Ein verbrennlicher Körper, wenn er 4 Cubikfuß atmosphärischer Luft zu seinem gänzlichen Verbrennen erfordern würde, hat nur Einen Cubikfuß Sauerstoffgas dazu nöthig. Die Intensität des Verbrennens, oder die Entwickelung des Feuers dabey, ist weit stärker, als in atmosphärischer Luft. Eine Wachskerze brennt darin mit hellerer und größerer Flamme und knisterndem Geräusche. Das glimmende Docht derselben wird darin wieder zur Flamme erweckt. Zunderschwamm, der sonst nur glimmt, brennt darin mit Flamme. Glühende Kohlen verzehren sich darin weit schneller und brennen mit stärkerm Scheine. Eine zugespitzte stählerne Uhrfeder, die vorher an der Spitze glühend gemacht ist, oder an welche man ein Stückchen angezündeten Zunderschwamm gesteckt hat, verbrennt darin mit vielem Funkensprühen. Besonders stark und ungemein leuchtend aber ist die Flamme des darin verbrennenden Phosphors. Durch ein Löthrohr auf die Flamme einer Kerze geleitet, kann man damit eine Hitze hervorbringen, welche

der

der Hitze großer Brenngläser und Brennspiegel gleich kommt.

Jugenhousz vermischte Schriften, B. I. S. 201. ff. S. 365. ff. Des Hrn. von Humboldt Apparat, vermittelst des Sauerstoffgas in unterirdischen Gruben bey bösen Wettern und Schwaden derselben zu respiriren und eine Lampe brennend zu erhalten. S. Crells chemische Annalen 1796. B. II. S. 99. ff. 195. ff.

§. 834. Man unternehme nun den Prozeß des Verbrennens des Phosphors im eingeschlossenen Raume dieses Sauerstoffgas auf dieselbige Art, als in atmosphärischer Luft (§. 827.). Man fülle zu dem Ende einen Cylinder mit Quecksilber in einer Schaale, und lasse etwa die Hälfte seines Inhalts Sauerstoffgas hinauftreten. Man bringe dann ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder, das in dem Quecksilber emporsteigt und darauf schwimmt, man zünde es unter dem Cylinder vermittelst eines Brennglases an. Wenn der Phosphor verbrannt ist, bringe man wieder frischen darunter, wiederhohle das Verbrennen, u. s. f. Man findet nun, daß hierbey alles eben so vorgeht, wie beym Verbrennen in atmosphärischer Luft: nur mit dem Unterschiede, daß die Stärke des Feuers dabey größer ist; daß mehr Phosphor in gleichem Raume dieses Gas verbrennen kann; und daß, wenn Phosphor zum Verbrennen genug da und das Sauerstoffgas ganz rein ist, die Luft ganz und total verschwindet. Gewöhnlich findet man indessen einen geringen Rückstand von Stickgas, das damit vermischt war. Die gebildete Phosphorsäure ist hierbey von eben der Art, als beym Verbrennen in atmosphärischer Luft, und wiegt ebenfalls, auch noch ehe

sie

sie zerfließt, und selbst nach dem Ausglühen, mehr, als der dazu verwendete Phosphor. Diese Zunahme des Gewichts correspondirt dem Gewichte des dabey verschwundenen Sauerstoffgas.

§. 835. Nach **Lavoisiers** genauer Bestimmung verschwinden bey dieser Operation durch das totale Verbrennen von 45 Gr. (franz.) Phosphor 138¾ Cubikz. (franz.) oder 69,375 Gr. Sauerstoffgas, und es bilden sich 114,375 Gr. feste Phosphorsäure; oder 100 Theile Phosphor verzehren beym Verbrennen 154 Theile Sauerstoffgas dem Gewichte nach, und geben dann 254 Theile feste Phosphorsäure.

Lavoisier a. a. O. S. 59. ff.

§. 836. So wohl das Verschwinden des Sauerstoffgas beym Verbrennen des Phosphors im eingeschlossenen Raume des erstern, als seine Darstellung aus dem Braunsteine durchs Glühen, beweisen schon, daß es kein ursprünglich Elastisch-flüssiges (§. 132.), sondern daß seine Form der Expansibilität vom Wärmestoffe abgeleitet seyn müsse. Es besteht demnach das Sauerstoffgas, wie jede Luftart (§. 602.), aus einer eigenthümlichen, ponderabelen, an sich nicht elastischen, Basis, und dem inponderabelen Wärmestoffe, der mit dieser Basis chemisch verbunden ist und sie in eine elastische Flüssigkeit verwandelt.

§. 837. Dieser eigenthümlichen Basis der Lebensluft hat man den Namen **Sauerstoff** (Oxicum, Oxygenium, *Oxygène*) gegeben, weil mehrere verbrennliche Körper durchs Verbrennen in Lebensluft zu

Säuren

Säuren werden, und weil sie ein Bestandtheil aller Säuren ist. Das Sauerstoffgas oder die Lebensluft besteht also aus Sauerstoff und Wärmestoff.

§. 838. Im Braunsteine und andern festen oder liquiden Körpern, aus denen wir das Sauerstoffgas erhalten können, ist nicht das Sauerstoffgas selbst, sondern nur sein ponderabeler Bestandtheil, der Sauerstoff, enthalten (§. 607.), aus dessen chemischer Verbindung mit dem Wärmestoffe erst Sauerstoffgas erzeugt wird. Durch bloßes Glühen allein entläßt indessen der Braunstein nicht allen Sauerstoff.

§. 839. Der **Sauerstoff** ist für uns eine einfache Substanz, das heißt, wir können ihn nicht weiter in andere ungleichartige Stoffe zerlegen. Er ist ferner für sich nicht darstellbar; denn so wie er auch frey würde, würde er sich sogleich mit dem zu jeder Zeit anwesenden freyen Wärmestoffe zum Sauerstoffgas verbinden. Wir kennen ihn also nur aus seinen Zusammensetzungen mit andern ungleichartigen Materien. Er ist übrigens sehr ausgebreitet in der Natur vorhanden, und macht einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, des Wassers, aller Säuren, aller Metallkalke und aller Gemengtheile der Körper des Pflanzen- und Thierreichs aus.

Den Satz, daß der Sauerstoff nie frey in irgend einem Körper zugegen seyn kann, sondern immer in chemischer Zusammensetzung mit andern Materien seyn müsse, beherzigen viele Physiologen und Aerzte immer noch nicht gehörig, die ihn eine solche Rolle in den Körpern der Pflanzen und Thiere spielen lassen, als ob er frey in ihnen enthalten sey, und aus einem Stoffe in den andern frey übertrete, ohne chemische Zusammensetzung oder Zersetzung dieser Stoffe.

Theo-

Theorie des Verbrennens.

§. 840. Stahl nahm zuerst, auf Veranlassung von Becher, in den verbrennlichen Körpern das Daseyn eines eigenthümlichen Wesens an, das er Phlogiston oder Brennstoff nannte und das er als die Quelle des Feuers beym Verbrennen betrachtete. Den Einfluß der Luft beym Verbrennen, ihre Zersetzung dabey, kannte Stahl gar nicht. Bey den weitern Fortschritten in der Kenntniß dieses Einflusses blieb man dessen ungeachtet von der Nothwendigkeit der Annahme eines solchen Wesens überzeugt, änderte aber nach der Lage der Kenntnisse von den das Verbrennen begleitenden Umständen die Vorstellungen, wie der Brennstoff Feuer erzeuge, verschiedentlich ab.

Io. Ioach. Beccheri physica subterranea. Lips. 1703. 8. Specimen Beccherianum, exhib. *Geo. Ern. Stahl.* Lips. 1703. 8. Geo. Ernst Stahls zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit vom so genannten Sulphur. Halle 1747. 8.

§. 841. Die Entdeckung des Sauerstoffgas, des Verschwindens desselben beym Verbrennen aller Körper überhaupt, besonders bey dem Verkalken der Metalle, und die Wiedererzeugung desselben aus dem Quecksilberkalke durch bloßes Glühen, ließ zuerst an der Existenz eines Brennstoffes in verbrennlichen Körpern und Metallen, als Quelle des Feuers, zweifeln, und Hr. Lavoisier hielt sich so wohl durch diesen, schon vor ihm von Scheele und Priestley gemachten, als durch andere von ihm angestellte, Beobachtungen und Versuche berechtigt, die Annahme eines eigenen entzündlichen Grundstoffes aufzugeben, die darauf gegründeten Vorstellungsarten in der Chemie ganz zu verwer-

verwerfen, und ein neues System zu errichten, welches deshalb den Nahmen des antiphlogistischen Systems erhalten hat.

Mémoire sur la combustion, par Mr. *Lavoisier*; in den *Mém. de l'ac. roy. des sc.* 1777. S. 592. ff., übersetzt in Crells neuesten Entdeck. Th. V. S. 188. Lavoisiers Betrachtungen über das brennbare Wesen zur Entwickelung seiner Theorie vom Verbrennen und Verkalken; aus den *Mém. de l'ac. roy. des sc.* 1783. S. 505. ff., übers. in Crells chem. Annalen, 1789. B II. S. 145. ff. *Lavoisier* traité élémentaire de chimie. T. II. à Paris 1789. 8. Synthesis oxygenii experimentis confirmata, edidit *Fr. Lud. Schurer*. Argentor. 1789. 4. Philosophie chimique — par *A. F. Fourcroy*. à Paris 1792. 8. 1794. 8. Chemische Philosophie, oder Grundwahrheiten der neuern Chemie, von *A. F. Fourcroy*. A. d. Franz. übers. von *J. Sam. Traug. Gehler*. Leipz. 1796. 8.

§. 842. Nach diesem Systeme ist ein verbrennlicher Körper ein solcher, der bey einer gewissen Temperatur das Vermögen besitzt, den Sauerstoff der Lebensluft stärker anzuziehen, als derselbe vom Wärmestoffe darin angezogen wird. Die Lebensluft besteht aber diesem Systeme zu Folge nicht bloß aus Sauerstoff und Wärmestoff, sondern enthält auch noch das Licht als Bestandtheil. Wenn nun ein entzündlicher Körper, z. B. Phosphor, bey der zu seiner Entzündung nöthigen Temperatur in Sauerstoffgas gebracht wird: so zieht er den Sauerstoff daraus an und vereinigt sich damit zu einem neuen Producte; so wird der Phosphor damit zur Phosphorsäure; das Sauerstoffgas wird folglich zersetzt und sein gebundenes Licht und sein gebundener Wärmestoff werden frey und bilden das Feuer, welches entweicht. Weil nun in vielen Fällen bey dem Verbrennen des verbrennlichen Körpers aus demselben und dem Sauerstoffe eine

Säure

Säure gebildet wird, so ist dies Veranlassung gewesen, die Basis der Lebensluft **säureerzeugenden Stoff** oder **Sauerstoff** (*Oxygène*) zu nennen; nicht deshalb, weil sie an sich sauer sey, sondern weil sie mit der **säurefähigen Grundlage** (Base acidifiable), wie in unserm Falle mit dem Phosphor, erst Säure erzeuge. In dem Falle aber, (der sehr häufig ist,) wenn die verbrennliche Substanz zwar Sauerstoff aufnimmt, aber dadurch noch keine Säure wird, wie z. B. die mehresten Metalle, nennt man das Product **Oxide**, das man durch **Halbsäure** übersetzt hat. Das Verbrennen heißt nach diesem Systeme deshalb auch eine **Oxigenirung** oder **Oxidirung**. Aus der Verbindung der verbrennlichen Substanz mit dem ponderabelen Sauerstoffe folgt die Zunahme des Gewichts des verbrannten Rückstandes, und wegen der Imponderabilität des Lichts und des Wärmestoffes die Uebereinstimmung dieser Zunahme mit dem Gewichte des verschwundenen Antheils des Sauerstoffgas. Das Verbrennen kann ferner nur so lange dauern, bis die verbrennliche Substanz mit Sauerstoff gesättigt ist. In der atmosphärischen Luft hindert das Stickgas, womit das Sauerstoffgas darin vermengt oder vermischt ist, daß die Erscheinungen des Verbrennens darin nicht mit der Lebhaftigkeit vor sich gehen können, als im reinen Sauerstoffgas. Da endlich das Stickgas vom verbrennlichen Körper nicht afficirt wird, so bleibt es als Rückstand der atmosphärischen Luft übrig. Der Sauerstoff besitzt übrigens gegen die verschiedentlich gearteten Materien eine verschie-

schiedentliche Verwandtschaft, und kann daher auch aus einem Körper an den andern übertreten, gegen den er eine stärkere Verwandtschaft besitzt; und es kann solcher Gestalt der verbrannte Körper wieder zum entzündlichen Körper gemacht oder desoxidirt werden.

§. 843. Nach diesem Systeme geschieht also das Verbrennen verbrennlicher Substanzen in Sauerstoffgas durch eine einfache Wahlverwandtschaft, und die Quelle des Feuers ist einzig und allein das Sauerstoffgas; der verbrennliche Körper giebt dazu nichts her. Wenn man ganz unparteyisch seyn will, so muß man gestehen, daß nach diesem Systeme das Licht eine ganz überflüssige Rolle spielt; daß es ganz wegfallen könnte, ohne daß das System dabey Eintrag litte; daß die Phänomene, wo Licht ohne allen Beytritt des Sauerstoffgas aus verbrennlichen Körpern zum Vorscheine kommt (§. 823.), damit im Widerspruche stehen; daß darnach das Sauerstoffgas der einzige und alleinige Behälter des Lichts ist; und folglich von der Einsaugung des Lichts von andern Körpern, von der Entstehung der Farben der Körper, von der Erzeugung der electrischen Materie in den Körpern, die doch auch Licht ohne Beyhülfe des Sauerstoffgas giebt, und von andern oben (§§. 814. 823.) angeführten Umständen keine Rechenschaft gegeben werden kann. Um diese Lücken, welche das antiphlogistische System in Ansehung so vieler und wichtiger Erscheinungen des Lichts läßt, zu ergänzen, müssen wir, nach der im Vorhergehenden vorgetragenen

Lehre

Lehre von der Zusammensetzung des Lichts (§§. 802. 813.), die Annahme eines eigenen Brennstoffes in den verbrennlichen Körpern selbst zu Hülfe nehmen, und also beyde Systeme gewisser Maßen wieder vereinigen. Nach diesem neuen Systeme ist nun zwar die Basis des Lichts oder der Brennstoff ein Bestandtheil aller entzündlichen Körper; wenn wir aber auf denselben, wegen seiner Imponderabilität, in chemischer Hinsicht so wenig achten wollen, als auf die electrische Materie der Körper, so können wir auch die von der antiphlogistischen Chemie als chemisch einfach angesehenen entzündlichen Stoffe in dieser Rücksicht als solche gelten lassen, und können mithin auch die Sprache der Antiphlogistiker reden.

Das neue System nähert sich in dieser Hinsicht also, wie Kenner leicht einsehen werden, noch mehr dem antiphlogistischen, als in der Gestalt, wie es Hr. Richter geliefert hat. Man sehe: Ueber die neuern Gegenstände der Chemie, von J. B. Richter. Breslau und Hirschberg. St. III. 1793. 8.

§. 844. Nach diesem neuen Systeme ist also ein verbrennlicher Körper ein solcher, der nicht nur die Basis des Lichts enthält, sondern auch Anziehung genug zum Sauerstoffe besitzt, um ihn dem Wärmestoffe in Sauerstoffgas entziehen zu können. Ich will zur Erläuterung bey dem Phosphor als verbrennlicher Substanz stehen bleiben. Wird derselbe im Sauerstoffgas erhitzt, so wird dadurch seine Anziehung zum Brennstoffe vermindert, so daß seine Anziehung zum Sauerstoffe überwiegend werden kann. Nun geht also der Act seines Verbrennens an: der Phosphor zieht den Sauerstoff des Sauerstoffgas an

und bildet damit Phosphorsäure, während der Brennstoff des Phosphors mit dem Wärmestoffe des Sauerstoffgas das Licht und Feuer constituirt. Alles Uebrige erklärt sich nun nach diesem Systeme, wie nach dem Vorigen (§. 843.). Die Desoxidirung eines verbrannten Körpers durch einen andern entzündlichen geschieht durch eine doppelte Wahlverwandtschaft, wobey der letztere dem erstern den Sauerstoff entzieht, dagegen aber Brennstoff überläßt.

§. 845. Der Erfahrung zu Folge verbrennen die entzündlichen Körper entweder mit **Flamme**, oder mit bloßem **Glühen**. Die chemische Zergliederung zeigt, daß alle Körper, welche mit Flamme verbrennen, entweder selbst flüchtig sind, oder flüchtige Bestandtheile haben, die durch die Hitze in Gas oder Dampf verwandelt werden. Die Flamme brennender Körper ist demnach brennendes Gas oder brennender Dampf aus ihnen. Sonst kann aber auch eine geringere Hitze machen, daß Körper bloß verglimmen, die sonst in stärkerer Hitze mit Flamme verbrennen würden, eben weil jene Hitze nicht zur Verflüchtigung der verbrennlichen flüchtigen Substanz hinreicht. Aus dem verschiedenen quantitativen Verhältnisse des Brennstoffes zum Wärmestoffe bey ihrer Verbindung durchs Verbrennen (§. 844.) läßt sich auch die verschiedene Farbe der Flamme erklären.

Alcohol und Schwefel geben beym schwachen Verbrennen eine blaue Flamme; die Auflösung der Boraxsäure in Alcohol brennt mit einer grünen; die Auflösung der salzigtsauren Strontionerde in Alcohol mit einer rothen Flamme.

§. 846. Das Verbrennen verbrennlicher Substanzen kann wegen ermangelnder nöthiger Temperatur manchmal so schwach seyn und so langsam erfolgen, daß sich dabey nur bloßes **Leuchten**, und zwar nur im Dunkeln, und auch da nicht einmal, zeigt. In diesem Falle geschieht die Zersetzung des Sauerstoffgas so langsam, daß die Erzeugung des Feuers dabey für jedes Moment der Beobachtung gar nicht, oder nur beym Ausschlusse des Tageslichts als leuchten wahrgenommen werden kann. Hierher gehört das **Leuchten des faulen Holzes**, des **Bologneser Phosphorus** aus Schwerspath, des **Cantonschen Phosphorus** aus calcinirten Austerschaalen und Schwefel. Das **Verkalken** der Metalle in schwächerer Hitze ist ein so schwaches Verbrennen, daß dabey auch nicht einmal im Dunkeln Licht wahrgenommen wird, ob es gleich in stärkerer Hitze in sehr bemerkbares Verbrennen übergehen kann.

§. 847. Auch der gemeine Phosphor erleidet in einer Temperatur, die nicht bis zu seiner wirklichen Entzündung hinreichend ist (§. 828.), in der atmosphärischen Luft ein allmähliges und langsames Verbrennen, wobey das erzeugte Licht so schwach ist, daß es bloß im Dunkeln wahrgenommen werden kann. Er zerfließt hierbey zu einer Säure, verzehrt das Sauerstoffgas, und es geht hierbey alles eben so vor, wie bey seinem wirklichen Verbrennen. In ganz reinem Sauerstoffgas leuchtet er nicht, wie Herr **Göttling** gefunden hat, wohl aber in dem mit Stickgas vermischten. Wenn er indessen in Stickgas leuchtet, so

ist

ist dies ein Zeichen, daß es noch etwas Sauerstoff enthalte, oder noch nicht reines Stickgas sey. Uebrigens ist das Phänomen in Ansehung seiner Ursach denen ähnlich, wo eine einfache entzündliche Substanz für sich allein in einer niedrigen Temperatur das Sauerstoffgas nicht zersetzt, es aber in Verbindung mit einer andern entzündlichen Substanz thut, wodurch seine Anziehung zum Sauerstoffe vermehrt und die zum Brennstoffe vermindert wird. Dies ist hier der Fall bey der Verbindung des Phosphors mit Stickgas. Der Phosphor kann sogar nach des Hrn. **van Marum** Entdeckung noch in einer sehr stark verdünnten atmosphärischen Luft leuchten, worin sonst kein eigentliches Verbrennen mehr vorgehen kann.

Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie, auf Versuche gegründet, von *J. F. A. Göttling*. Weimar 1794. 8. Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas, — von *Scherer*, *Jäger* und *Pfaff*. Weimar 1795. 8. — Grens neues Journal der Phys. B. III. S. 325. ff. 329. ff. 330. ff.

Wahrnehmung über das Verbrennen des Phosphors in dem so genannten leeren Raume der Luftpumpe, von D. van Marum; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 96. ff.

§. 848. Wenn Materien zusammen vermischt werden, die bey ihrer Einwirkung auf einander Wärmestoff in der nöthigen Menge entwickeln, und entzündliche Substanzen dabey sind, so kann dadurch beym Zugange der atmosphärischen Luft **Selbstentzündung** entstehen. Denn nun sind die Bedingungen zum Verbrennen vorhanden.

Ein Beyspiel giebt die Entzündung der Oehle durch rauchenden Salpetergeist. Man schütte ein Loth Terpenthinöhl in ein kegelförmiges Gefäß, mische dazu ein halbes Loth starkes Vitriolöhl, rühre es schnell mit einer Glasröhre um, und schütte dann sogleich von starker Salpetersäure hinzu. Es entsteht

entsteht plötzlich eine lebhafte Selbstentzündung mit einer lodernden Flamme.

§. 849. Wenn aber auch in Gemischen durch Verbindung und Zusammentritt entzündlicher Bestandtheile die Anziehung derselben zum Sauerstoffe verstärkt, und sonst noch Wärmestoff darin frey gemacht wird, so können sie dadurch ebenfalls in Selbstentzündung gerathen. Beyspiele geben:

1) **Hombergs Pyrophor** oder **Luftzünder**, aus gebranntem Alaun und Kohlenstaub zusammen gehörig calcinirt.

Grens system. Handb. der Chemie. Halle 1794. Theil I. §. 619. ff.

2) Die Selbstentzündung des angefeuchteten Gemenges aus **Eisenfeil und Schwefelblumen.**

Baumé's erläuterte Experimentalchemie, Theil II. S. 679. ff.

3) Die Selbstentzündung stark gerösteter noch heiß zusammengepackter Rockenkleye, Cichorienwurzeln, u. dergl.; des Hanfes mit Leinöhl und Kienruß, u. a. m.

Neue nordische Beyträge, B. III. S. 37. ff. Beytrag zur Geschichte der Selbstentzündungen und der so genannten Luftzünder, von Buchholz; in Crells chem. Annalen, 1784. B. I. S. 411. ff. S. 483. ff. Hacquet, ebendas. 1791. B. I. S. 303.

Eudiometer.

§. 850. Da die Fähigkeit der atmosphärischen Luft, zur Erhaltung des thierischen Lebens beym Athmen zu dienen, lediglich und allein von dem darin befindlichen Antheile Sauerstoffgas abhängt, und da mannigfaltige Prozesse, wodurch das Sauerstoffgas zersetzt

zersetzt oder gebildet wird, in und an der Atmosphäre vorgehen, und folglich der Gehalt derselben an Lebensluft nicht an allen Orten und zu allen Zeiten gleich seyn kann, so muß es natürlicher Weise interessant seyn, den verhältnißmäßigen Antheil an Sauerstoffgas in atmosphärischer Luft ermessen und die davon abhängende Güte der Luft fürs Athmen erfahren zu können. Man sann darauf, ein Verfahren anzuwenden, wodurch man diesen Zweck erreichen könnte, so bald man Mittel kennen gelernt hatte, das Sauerstoffgas zu zersetzen. Das Werkzeug, worin man die Zersetzung des Sauerstoffgas in einer darin befindlichen Menge von einer zu prüfenden Luft vornehmen, und so ihre Quantität messen kann, heißt ein **Eudiometer** oder **Luftgütemesser**. **Priestley** ist der erste Erfinder dieses Instruments. Er schlug als Zersetzungsmittel des Sauerstoffgas dazu das in der Folge noch anzuführende Salpetergas vor. **Fontana** und **Jugenhouß** haben das Werkzeug und die Verfahrungsart damit sehr vervollkommnet. **Scheele** bediente sich dazu des allmähligen und langsamen Verbrennens eines feuchten Gemenges von Eisenfeil und Schwefel, auch des Schwefelalkali (der Schwefelleber). Mit letzterer hat **Morveau** (**Guyton**) das Verfahren sehr abgekürzt. **Lavoisier**, **Seguin**, **Rebou** empfehlen dazu das Verbrennen des Phosphors.

Priestley's Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre, B. I. S. 6. *Fontana* descrizioni ed usi di alcuni stromenti per misurare la salubrità dell' aria. in Firenza 1774. 4.

Ingenhouß Versuche mit Pflanzen, S. 164. ff. **Ebendesselben** vermischte Schriften, Th. II. S. 27. ff. **Joh. Andreas Scherers**

Scherers Geschichte der Luftgüteprüfungslehre, B. I. II. Wien 1785. 8.

Carl Wilhelm Scheelens Erfahrungen über die Menge der reinen Luft, die sich in unserer Atmosphäre befindet; in seiner Abhandlung von Luft und Feuer. S. 269. ff. Beschreibung eines neuen Eudiometers, von Guyton Morveau; in Grens neuem Journal der Physik, B. III. S. 138. ff.

Abhandlung über die Eudiometrie von Hrn. Seguin; in Grens Journal der Physik, B. VI. S. 48. ff. Beschreibung eines atmosphärischen Eudiometers von Heinrich Reboul; im neuen Journal der Physik, B. I. S. 374. ff.

§. 851. Nach allen meinen bisherigen Versuchen muß ich das allmählige und langsame Verbrennen des Phosphors oder sein Zerfließen in atmosphärischer Luft (§. 847.) als das vollkommenste eudiometrische Mittel ansehen, auch den kleinsten Rest des darin befindlichen Sauerstoffgas zu zersetzen. Es wirkt zwar langsam, gewährt aber auch desto sicherere Resultate. Das Eudiometer damit läßt sich auf folgende Art vorrichten. Man nimmt eine genau cylindrische Glasröhre, die an dem einen Ende geschlossen, und von diesem Ende an durch eine Scale in gleiche, hinlänglich kleine Theile ihres Inhalts abgetheilt ist. Man füllt sie mit destillirtem oder Regenwasser voll, läßt in einer Wanne mit Wasser eine Quantität der zu prüfenden Luft hinauftreten, und merkt die Menge dieser Luft bey bestimmtem Barometer- und Thermometerstande. Man steckt einige Nadeln durch einen Korkstöpsel, der einen kleinern Durchmesser hat, als die Röhre, befestigt auf den hervorragenden Nadelspitzen reinen und klaren Phosphor, und bringt unten an den Kork einen Zwirnsfaden an. Man bringt diesen Kork unter die Mündung des

Glas-

Glascylinders, wo er dann im Wasser desselben aufsteigt, und der Phosphor auf demselben mit der Luft des Cylinders in Berührung kommt. Man bringt den Apparat in ein schickliches Gefäß mit Wasser, worin er stehen bleibt. Der Phosphor zerfließt nun allmählig unter Leuchten; und man kann von Zeit zu Zeit vermittelst des Fadens den Kork unters Wasser ziehen, um die dem Phosphor anhängende Säure abzuspülen, und ihn so wieder desto wirksamer zu machen. Wenn endlich alles Sauerstoffgas verzehrt und an dem noch rückständigen Phosphor kein Leuchten weiter im Dunkeln wahrzunehmen ist, dann zieht man den Kork heraus, und beobachtet bey correspondirendem Barometerdrucke und Wärmegrade die Menge des rückständigen Stickgas und des verzehrten Sauerstoffgas.

§. 852. Ob man aber gleich durch diese eudiometrischen Mittel die Menge der respirabelen Luft in einer Luftart mit Genauigkeit finden kann, so kann man doch die absolute Güte und Heilsamkeit einer solchen Luft fürs Athemhohlen dadurch nicht bestimmen. Noch viel nützlicher würde es seyn, wenn wir Mittel hätten, die auf unsere Gesundheit und auf die Functionen des Lebens nachtheiligen Einfluß habenden Bestandtheile der Luft, die wir athmen und womit wir umgeben sind, mit Sicherheit und Genauigkeit bestimmen, und so ein **Kakometer** mit dem Eudiometer verbinden zu können.

§. 853. Das Brennen eines Körpers, wie z. B. einer Kerze, ist ein sicherer Beweis von dem Daseyn

der nöthigen Menge der Lebensluft in einer zu prüfenden atmosphärischen Luft, und man kann sich desselben allerdings nützlich bedienen, um wenigstens zu erfahren, ob die Luft, z. B. unterirdischer Gruben, Höhlen und Bergwerke, noch athembar ist.

Salze.

§. 854. Ehe wir zur Untersuchung der mannigfaltigen Verbindungen der verbrennlichen Substanzen mit dem Sauerstoffe schreiten, ist es nöthig, uns mit dem Charakter der Salze im Allgemeinen und ihrer Gattungen bekannt zu machen.

§. 855. Die Eigenschaften, welche unser **Küchensalz** besitzt, sich im Wasser auflösen zu lassen und auf der Zunge Geschmack zu errregen, kommen noch mehrern andern Körpern zu, die wir deswegen auch **Salze** (Salia, Sales) nennen. Um sie indessen von andern Körperarten, z. B. von einigen Erden, zu unterscheiden, die wir nicht zu den Salzen rechnen, müssen wir den Charakter der Salze näher dahin bestimmen, daß es Materien sind, die sich in weniger als zwey hundert mal so vielem kochenden Wasser ganz auflösen lassen und Geschmack erregen.

§. 856. Einige Salze erfordern mehr, andere weniger zu ihrer Auflösung. Die mehresten lösen sich in siedendem und heißem Wasser in größerer Menge auf, als in kaltem. Einige sind feuerbeständig, andere sind flüchtig. Manche der letztern lassen sich für sich allein gar nicht vom Wasser trennen.

§. 857. Die festen Salze scheiden sich aus dem Wasser durch Verminderung seines Sättigungsgrades bey der Abkühlung oder bey seinem Verdunsten in krystallinischer Gestalt (§. 141.) ab, und diese **Salzkrystalle** zeigen sehr große Mannigfaltigkeit ihrer Figur.

§. 858. Die Krystalle der Salze verlieren in der Hitze, und mehrere schon in trockener und warmer Luft, ihre Figur und ihre Durchsichtigkeit, und **zerfallen** oder **verwittern** in ein Pulver, welches im Gewichte merklich vermindert ist.

Beyspiele geben das Glaubersalz, das kohlensaure Mineralalkali.

§. 859. Da die verwitterten Salzkrystalle durch Auflösen in Wasser und Krystallisiren ihr voriges Gewicht und ihre Gestalt wieder erhalten; da man ferner durch Destillation dieser Salzkrystalle Wasser austreiben und sammeln kann: so muß das Wasser einen Bestandtheil der Salzkrystalle selbst ausmachen und sich darin im Zustande der Festigkeit befinden. Man nennt es das **Krystallisationswasser**. Es ist in den verschiedenen Salzkrystallen in größerer und geringer Menge vorhanden und darin mehr oder weniger fest vereinigt.

§. 860. Einige Salze haben so starke Anziehung zum Wasser, daß sie als feste Salze durch Aufnahme der Feuchtigkeit der Atmosphäre darin **zerfließen**.

§. 861. Die Anzahl der Arten von Salzen, welche die Natur und Kunst darstellen können, ist be-

trächt-

trächtlich groß, und es finden sich bemerkenswerthe Unterschiede ihrer Eigenschaften und ihres Verhaltens gegen andere Materien, so daß man der bessern Uebersicht wegen genöthigt wird, diese **Classe** von Körpern in **Ordnungen** und **Gattungen** abzutheilen. Ich theile sie in Hinsicht auf ihre nähern Bestandtheile in zwey Ordnungen: I) in **einfachere**, und II) in **zusammengesetztere**. Die Gattungen der erstern Ordnung sind: 1) **Säuren** und 2) **Alkalien**; die Gattungen der andern Ordnung sind: 1) **Neutralsalze**, 2) **Mittelsalze**, 3) **metallische Salze**.

Der Zucker könnte noch als eine Gattung der erstern Ordnung angesehen werden, da er ein Oxid ist.

Säuren.

§. 862. **Säuren** (Acida) sind Salze von einem sauern Geschmacke, welche die blaue Farbe verschiedener Pflanzenpigmente in eine rothe verwandeln.

§. 863. Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Säuren roth. Man bedient sich als gegenwirkender Mittel zur Erkennung der Säuren hauptsächlich der **Lackmustinctur** oder des damit gefärbten Papiers. Jene ist sehr empfindlich gegen Säure, zumal wenn man sie so weit mit reinem Wasser verdünnt hat, daß sie himmelblau wird.

§. 864. Es giebt von den Säuren mehrere **Arten**, die sich durch ihr Verhalten gegen andere Körper wesentlich von einander unterscheiden. Man theilt sie gewöhnlich ein: in **mineralische**, **vegetabilische** und **thierische**

rische Säuren; allein manche Säuren sind den Körpern mehrerer Reiche der Natur gemeinschaftlich eigen.

Als identisch verschiedene Arten der Säuren sind anzusehen:

1) Die Kohlensäure (Acidum carbonicum, *Acide carbonique*).
2) Die Schwefelsäure (Acidum sulphuricum, *A. sulfurique*).
3) Die Salpetersäure (A. nitricum, *A. nitrique*).
4) Die Salzsäure (A. muriaticum, *A. muriatique oxigéné*).
5) Die Flußsäure (A. fluoricum, *A. fluorique*).
6) Die Boraxsäure (A. boracicum, *A. boracique*).
7) Die Phosphorsäure (A. phosphoricum, *A. phosphorique*).
8) Die Arseniksäure (A. arseniicum, *A. arsenique*).
9) Die Molybdänsäure (A. molybdaenicum, *A. molybdique*).
10) Die Wolframsäure (A. wolframicum, *A. tunstique*).
11) Die Bernsteinsäure (A. succinicum, *A. succinique*).
12) Die Weinsteinsäure (A. tartaricum, *A. tartareux*).
13) Die Zitronensäure (A. citricum, *A. citrique*).
14) Die Sauerkleesäure (A. oxalicum, *A. oxalique*).
15) Die Aepfelsäure (A. malicum, *A. malique*).
16) Die Gallussäure (A. gallaceum, *A. gallique*).
17) Die Benzoesäure (A. benzoicum, *A. benzoique*).
18) Die Essigsäure (A. aceticum, *A. acetique*).
19) Die Milchzuckersäure (A. galacticum, *A. saccho-lactique*).
20) Die Blausäure (A. borussicum, *A. prussique*).

§. 865. Alle Säuren sind zusammengesetzte Substanzen und bestehen aus einem **säurefähigen Substrate** oder einem eigenen **Radical** (*Base acidifiable, Radical*) und dem **Sauerstoffe**, den man als das **säurebildende Substrat** (*Base acidifiant*) ansieht. (§. 842.)

Beyspiele an Phosphorsäure und Schwefelsäure. Die erstere besteht aus Phosphor und Sauerstoff, die andere aus Schwefel und Sauerstoff.

§. 866. Man kann also Säuren zerlegen und zusammensetzen. Das letztere geschieht, wenn ein säure-

säurefähiges Substrat verbrennt und den Sauerstoff der Lebensluft in sich nimmt, wie bey dem Verbrennen des Phosphors im Vorhergehenden; das erstere erfolgt, wenn der Säure durch eine andere säurefähige Substanz, die eine stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoffe besitzt, derselbe wieder entzogen, und folglich dadurch die säurefähige Basis oder das Radical jener Säure dargestellt wird.

§. 867. Einige wenige der bis jetzt bekannten Säuren hat man indeß bis jetzt noch nicht zerlegen und zusammensetzen können, und kennt daher ihr Radical noch nicht.

Hierher gehören Nr. 4. 5. und 6. des vorigen Verzeichnisses (§. 864.).

§. 868. Verschiedene Säuren kann die Kunst zwar zerlegen, aber nicht zusammensetzen.

§. 869. Die verschiedenen Säuren unterscheiden sich von einander nach der Natur und Verschiedenheit ihres säurefähigen Substrats (§. 865.).

§. 870. Die säurefähige Grundlage der Säuren ist entweder einfach oder zusammengesetzt.

1) Zu den Säuren mit einfachem Radical gehören:

1. Kohlensäure.	Ihr Radical ist:	Kohlenstoff.
2. Schwefelsäure.	= = =	Schwefel.
3. Salpetersäure.	= = =	Stickstoff.
4. Phosphorsäure.	= = =	Phosphor.
5. Arsenikäure.	= = =	Arsenik.
6. Wolframsäure.	= = =	Wolfram.
7. Molybdänsäure.	= = =	Molybdän.

2) Säuren mit zusammengesetztem Radical sind: alle oben (§. 864. Anm.) verzeichnete Säuren von Nr. 11. bis Nr. 19 Ihr Radical ist zusammengesetzt aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Die Säure Nr. 20. hat eine vierfach zusammengesetzte Grundlage aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor und Stickstoff.

3) Bey den Säuren mit unbekanntem Radical (§. 867.) hält man dieses letztere nur muthmaßlich für einfach.

§. 871. Säuren, deren Radical aus einerley Grundstoffen zusammengesetzt ist (§. 870.), unterscheiden sich von einander bloß durch das Verhältniß ihrer Bestandtheile gegen einander, und können daher auch durch Abänderung dieses Verhältnisses in einerley Säure verwandelt werden.

§. 872. Die säurefähigen Grundlagen sind eines verschiedenen Grades der Sättigung mit Sauerstoff fähig. Wenn sie ganz mit letzterm gesättigt sind, so heißen sie **vollkommene Säuren**. In der wissenschaftlichen Nomenclatur endigen sich die Namen der letztern im lateinischen auf icum, im Französischen auf *ique*. Wenn die säurefähigen Grundlagen hingegen noch nicht mit so viel Sauerstoff gesättigt sind, als sie aufnehmen können, so erscheinen sie gewöhnlich von minderer Acidität und heißen **unvollkommene** oder **unvollständige Säuren**. Ihre Namen sind im lateinischen auf osum, im Französischen auf *eux* flectirt; im Deutschen habe ich es durch die Flexion auf **igt** auszudrucken gesucht.

Beyspiele:

Vollkommene Säuren.	Unvollkommene Säuren.
1) Schwefelsäure (Acidum sulphuricum; *Acide sulfurique*).	1) Schwefeligte Säure (Acidum sulphurosum, *Acide sulfureux*).
2) Salpetersäure (Acidum nitricum, *Acide nitrique*).	2) Salpetrigte Säure (Acidum nitrosum, *Acide nitreux*).
3) Salzsäure (Acidum muriaticum, *Acide muriatique*) *).	3) Salzigte Säure (Acidum muriatosum. *Acide muriateux*) **).
4) Phosphorsäure (Acidum phosphoricum, *Acide phosphorique*).	4) Phosphorigte Säure (Acidum phosphorosum, *Acide phosphoreux*).

Voll-

Vollkommene Säuren.	Unvollkommene Säuren.
5) Vollkommene Arseniksäure (Acidum arsenicum, *Acide arsenique*).	5) Unvollkommene Arseniksäure (Acidum arsenicosum).

*) Nach meiner Nomenclatur. Sonst heißt sie *Acide muriatique oxigéné*. M. s. §. 873. Anm.

**) Sie heißt bey andern Acidum muriaticum, *Acide muriatique*.

§. 873. Man glaubt zwar auch, daß manche säurefähige Grundlage mit Sauerstoff übersättigt werden könne, und nennt dergleichen Säure **oxygenirte Säure** (*Acide oxigéné*, *suroxigéné*); aber sie sind in der That nur als vollkommene Säuren (§. 872.) anzusehen; denn eine Uebersättigung mit Sauerstoff ist schon deshalb unmöglich, weil er nicht frey existirt.

So nennt man in der methodischen Nomenclatur die sonst so genannte dephlogistisirte Salzsäure *Acide muriatique oxigéné*, aber sie ist nur die vollkommene Salzsäure, und die gemeine Salzsäure, die man als vollkommene Salzsäure bisher ansah, ist als unvollkommene Salzsäure zu betrachten.

Alkalien.

§. 874. Die **Alkalien** (Alcalia) oder **Laugensalze** schmecken scharf und urinös, machen die blaue Farbe verschiedener Pflanzenpigmente grün, die rothe violett oder blau, und die gelbe braun; sie stellen die durch Säuren roth gemachten blauen Pigmente wieder in ihrer vorigen Farbe dar, so wie die Säuren hinwiederum die Wirkungen der Alkalien darauf aufheben.

§. 875. Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Alkalien grün, so wie z. B. nicht das Lackmus. Man bedient sich als Reagentien für die Alkalien des blauen **Violensyrups**, des mit **Fernambuc**

buc roth gefärbten, des mit **Curcuma gelb gefärbten Papiers**, der durch eine ganz schwache Säure **roth gefärbten Lackmustinctur**, und auch der **rothen Alkannatinctur**.

§. 876. In der Natur treffen wir diese Salze nicht rein an, sondern immer in Verbindung mit andern Substanzen, z. B. mit Kohlensäure und andern Säuren. Die Kunst muß sie davon erst scheiden. Hier ist nur die Rede von den reinen Alkalien, die man wegen ihrer auflösenden Kraft auf das Zellgewebe und die thierische Faser auch **ätzende Alkalien** (Acalia caustica) nennt.

§. 877. Wir kennen drey **Arten** der Alkalien: 1) das **Gewächsalkali**, 2) das **Mineralalkali**, 3) das **Ammoniak**. Wegen ihrer Eigenschaft begreift man die erstern auch unter dem gemeinschaftlichen Namen der **feuerbeständigen Alkalien** (Alcalia fixa), und nennt das letztere **flüchtiges Alkali** (Alcali volatile).

§. 878. 1) Das **Gewächsalkali** (Potassinum, *Potasse*) *) ist ein weißes festes Salz, das sich in stark abgestumpften vierseitigen Pyramiden krystallisirt. Es löst sich im krystallinischen Zustande im Wasser mit beträchtlicher Kälte auf; nach dem Austrocknen im Feuer aber, oder nach dem Verluste seines Krystallisationswassers, mit Erwärmung. Das ausgetrocknete Salz zieht schnell Feuchtigkeit aus der Atmosphäre an und zerfließt; schmelzt aber sonst im Feuer leicht,

leicht, schon bey 236° Fahrenh. Die Auflösung in Wasser hat den Geruch der frisch getünchten Zimmer. Im Feuer läßt es sich nicht verflüchtigen. Es lös't im Schmelzen die Kieselerde leicht auf.

*) Synonyma: Pottasche der Neuern (Potasse); vegetabilisches Laugensalz, Gewächslaugensalz, alkalischer Aetzstein, Seifensiederlauge (Alcali vegetabile, Lapis causticus alcalinus, Lixivium saponariorum).

§. 879. Man hält zwar das Gewächsalkali für eine einfache Substanz, allein seine Zerlegbarkeit und Zusammensetzung sind doch sehr wahrscheinlich. Man gewinnt es aus der Asche der Pflanzen. In einigen vulkanischen Producten, worin man es entdeckt hat, ist es ohne Zweifel auch vegetabilischen Ursprunges, und zwar aus Brennmaterialien der Flötzgebirge, die den Feuerherd der Vulkane bilden.

§. 880. 2) Das **Mineralalkali** (Natrum, *Soude*) *) ist dem vorigen (§. 878.) in den angeführten Eigenschaften so ähnlich, daß man seinen wesentlichen Unterschied nur durch die verschiedenen Verbindungen mit Säuren und Wahlverwandtschaften darthun kann, die ihn aber auch sehr auffallend beweisen.

*) Synonyma: Soda der Neuern (Soda); mineralisches Laugensalz (Alcali minerale).

§. 881. Die Einfachheit des Mineralalkali ist ebenfalls bis jetzt problematisch. Man gewinnt es theils aus der Asche verschiedener am gesalzenen Meeresufer wachsenden Kräuter, oder der **Soda**, theils aus Neutralsalzen, worin es, wie z. B. im Koch-

salze,

salze, mit einer Säure vereinigt im Mineralreiche vorkommt.

§. 882. 3) Das **Ammoniak** (Ammoniacum, *Ammoniaque*) *) unterscheidet sich von den beyden vorhergehenden Alkalien durch einen sehr lebhaften, reitzenden und stechenden Geruch, und durch seine große Flüchtigkeit. Wir können es nicht in fester Gestalt darstellen, sondern es erscheint immer entweder in Verbindung mit Wasser in tropfbar-flüssiger Form (**liquides Ammoniak**), wo es auch unter dem Namen des **ätzenden Salmiakgeistes** bekannt ist; oder in Gasgestalt, wo es **Ammoniakgas** (Gas ammoniacale, *Gaz ammoniacal*) heißt. Nur bey der Verbindung mit Säuren liefert es feste Producte.

*) Synonyma: Flüchtiges Alkali, urinöses Salz (Alcali volatile, Sal urinosum).

§. 883. Wenn man recht starken ätzenden Salmiakgeist in einer gläsernen Retorte, die mit dem pneumatischen Quecksilberapparate (§. 610.) in Communication ist, durch Lampenfeuer gelinde erhitzt, so tritt das Ammoniak des Salmiakgeistes mit dem Wärmestoffe in Luftform aus dem Wasser, und man erhält so das Ammoniakgas (§. 882.), das sich als eine eigene Luftart zeigt.

§. 884. Das Ammoniakgas besitzt einen lebhaften, stechenden, fast erstickenden Geruch; reagirt auf Pflanzenfarben, wie ein Alkali (§. 874.); wird vom Wasser unter Erwärmung augenblicklich zersetzt; das Wasser nimmt die Basis desselben, das Ammoniak,

daraus

daraus in sich, und wird damit zum ätzenden Salmiakspiritus; es ist irrespirabel; dient nicht zur Unterhaltung des Verbrennens; ist leichter, als atmosphärische Luft. Es lös't sich im Sauerstoffgas, in der atmosphärischen Luft und im Stickgas auf.

§. 885. Das Ammoniak ist eine entzündliche Substanz. Hat man Ammoniakgas mit Sauerstoffgas vermischt, so kann man das Gemisch anzünden, auch durch den electrischen Funken. Beyde Gasarten werden zersetzt, und das Product des Verbrennens ist Wasser und Stickgas. Das Ammoniak ist also zusammengesetzt, und zwar aus dem in der Folge anzuführenden Wasserstoffe und Stickstoffe. Das Ammoniak, das aus thierischen Körpern durch trockene Destillation derselben oder durch Fäulniß zum Vorscheine kommt, präexistirt nicht in ihnen, sondern wird erst aus dem Wasserstoffe und Stickstoffe dieser Substanzen neu erzeugt und zusammengesetzt.

Neutralsalze.

§. 886. Säuren und Alkalien zeigen gegen einander sehr starke Verwandtschaft, und sie verbinden sich zusammen zu neuen Körperarten, die nicht mehr die Eigenschaften ihrer Bestandtheile äußern, oder worin die Säuren und die Alkalien nicht mehr als solche reagiren. Das aus einer Säure und einem Alkali entspringende Product, worin weder das eine noch das andere das Uebergewicht hat, nennt man ein Neutralsalz (Sal neutrum).

Versuch durch Sättigung der Salpetersäure mit Gewächsalkali.

§. 887. Jede Säure giebt mit jedem der drey Alkalien ein eigenes Neutralsalz. Die Anzahl der letztern läßt sich also bestimmen, wenn man die Anzahl der bekannten Säuren mit den drey Alkalien multiplicirt.

§. 888. Die verschiedenen Neutralsalze unterscheiden sich von einander durch Geschmack, Gestalt, Auflösbarkeit, Feuerbeständigkeit, Flüchtigkeit.

§. 889. Durchgehends sind die Säuren den beyden feuerbeständigen Alkalien näher verwandt, als dem Ammoniak. In vielen Fällen haben sie auch gegen das Gewächsalkali eine nähere Verwandtschaft, als gegen das Mineralalkali.

Erden und Mittelsalze.

§. 890. **Erden** (Terrae) sind unentzündliche, feuerbeständige Körper, die sich ohne Zwischenmittel in 200 Theilen kochenden Wassers nicht auflösen lassen.

§. 891. **Einfache Erden** (Terrae simplices) nennt man solche, die in keine ungleichartige Bestandtheile weiter zerlegt werden können. In der Natur kommen sie immer in Verbindung unter einander oder mit andern Stoffen vor.

§. 892. Wir kennen gegenwärtig **acht** verschiedene einfache Erden: 1) **Kieselerde**, 2) **Kalkerde**, 3) **Talkerde**, 4) **Thonerde**, 5) **Schwererde**, 6) **Strontionerde**, 7) **Zirkonerde** und 8) **Australerde**.

§. 893.

§. 893. Die mehresten dieser Erden verbinden sich mit Säuren auf eine ähnliche Art, als die Alkalien; sie benehmen ihnen die Acidität und die Fähigkeit, als Säure zu wirken. Es gehören hierher: Kalkerde, Talkerde, Thonerde, Schwererde, Strontionerde. Man nennt sie deshalb auch **alkalische** oder **absorbirende Erden**, und das Product, das aus ihnen und einer Säure entspringt, ein **Mittelsalz** (Sal medium).

§. 894. Die Mittelsalze kommen in Absicht ihrer äußern Beschaffenheit sehr mit den Neutralsalzen (§. 886.) überein. Sie unterscheiden sich unter einander so wohl nach Verschiedenheit ihrer erdigten Basis, als ihrer Säure, und jede alkalische Erde giebt mit jeder eigenthümlichen Säure ein eigenes Mittelsalz. Einige dieser Verbindungen sind indessen so schwer-auflöslich, daß wir sie nicht mehr zu den Salzen (§. 855.) zählen können, sondern zu den Steinen oder Erden rechnen müssen.

§. 895. Jede Säure nimmt von einer alkalischen Erde nur eine bestimmte Menge in sich, und in einem vollkommenen Mittelsalze muß weder die Säure noch die Erde überschüssig seyn. Es giebt indessen Mittelsalze, die nur bey einem Ueberschusse von Säure gebräuchlich sind, z. B. der Alaun.

§. 896. Die alkalischen Erden besitzen nicht gleich starke Verwandtschaft zu den Säuren. Einige gehen auch in dieser Verwandtschaft den Alkalien vor, andere nach.

§. 897.

§. 897. 1) Die **Kieselerde** (Silicea, *Silice*) macht den vorwaltenden Grundtheil in den kieselartigen Erden oder Steinen aus; am reinsten findet man sie im Quarze, Kieselsande und Bergkrystalle. Sie ist für sich unauflöslich im Wasser, geschmacklos, unauflöslich in allen Säuren, außer in der Flußsäure, unschmelzbar.

§. 898. So unschmelzbar die Kieselerde für sich im Feuer ist, so leichtflüssig wird sie durch Beyhülfe der feuerbeständigen Alkalien. Diese lösen sie im Schmelzfeuer auf und verbinden sich mit ihr zu einem neuen Producte, dem **Glase**.

§. 899. Das **Glas** (Vitrum) ist also eine Zusammensetzung aus feuerbeständigem Alkali und Kieselerde. Die letztere erlangt durch ersteres Schmelzbarkeit, und das Alkali verliert dagegen seine Auflöslichkeit in Wasser und Säuren. Je mehr man Alkalien zum Glase nimmt, desto weicher und schmelzbarer wird das Glas, desto weniger widersteht es aber der Einwirkung des Wassers und der Säuren. Die Güte des Glases hängt von der Reinigkeit der Ingredienzien, von dem gehörigen Verhältnisse derselben gegen einander, und von dem dünnen und anhaltenden Flusse beym Schmelzen ab.

§. 900. 2) Die **Kalkerde** (Calx, *Chaux*) wird in der Natur nicht rein, sondern immer in Verbindung mit Säuren angetroffen, und es ist gewöhnlich die kohlensaure Kalkerde **rohe Kalkerde** zu nennen,

 dergleis

dergleichen die Kreide, der gemeine Kalkstein, der Marmor, der Kalkspath ist. Da die Kohlensäure sich aus der rohen Kalkerde durchs Brennen im Feuer scheiden läßt, so ist dies ein Mittel, die Kalkerde rein darzustellen. Sie wird durch dieses Brennen beträchtlich verändert; lös't sich nicht mehr mit Aufbrausen in Säuren auf, wie vorher, und hat einen sehr scharfen und brennenden, alkalischen Geschmack, da sie vorher geschmacklos war. Sie heißt jetzt **gebrannter** oder **lebendiger Kalk** (Calx viva, usta).

§. 901. Dieser gebrannte Kalk ist als die reine Kalkerde anzusehen, die durchs Brennen von der Kohlensäure und dem Wasser, womit sie in der Natur verbunden war, befreyet worden ist. Der gebrannte Kalk erhitzt sich stark mit dem Wasser, womit er **gelöscht** wird, er saugt das Wasser ein, und fixirt es sehr stark, und lös't sich bey mehrerm zugesetzten Wasser endlich völlig darin auf, wozu er aber 680 Theile davon braucht. Diese Auflösung heißt **Kalkwasser** (Aqua calcis vivae); sie schmeckt scharf und alkalisch, und reagirt gegen Pflanzenpigmente als ein Alkali (§. 874.).

§. 902. In genau verschlossenen Gefäßen bleibt das Kalkwasser unverändert; an der freyen Luft wird es aber mit einem Häutchen bedeckt, (**Kalkrahm,**) das endlich zu Boden sinkt und einem neuen Häutchen Platz macht, bis endlich aller Kalk sich geschieden hat. Dieser auf dem Kalkwasser sich bildende Kalkrahm ist wieder rohe, d. i., kohlensaure Kalkerde, die geschmack-

geschmacklos und unauflöslich im Wasser ist, und wieder mit Säure braus't; und der Grund aller Veränderungen, welche das Kalkwasser an der Luft erfährt, rührt von der Kohlensäure der Atmosphäre her, welche die im Kalkwasser befindliche reine Kalkerde mit vieler Stärke daraus in sich zieht, und wodurch sie wieder die Natur des rohen Kalks erlangt. Eben diese Umänderung widerfährt auch dem gebrannten Kalke selbst, wenn er an der Luft liegt, aus der er nicht nur nach und nach wieder Kohlensäure, sondern auch Wasser anzieht, und wodurch er sich allmählig und nach und nach löscht, zerfällt, und seine Schärfe verliert. Die Kalkerde ist für sich im stärksten Feuer unschmelzbar.

§. 903. 3) Die **Talkerde** (Magnesia, *Magnésie*) *) macht einen Bestandtheil des Talks, Specksteins, Serpentins, Meerschaums, Asbests aus, und wird auch in der Natur niemals rein angetroffen. Sie findet sich ferner im so genannten Bittersalze und in der Mutterlauge der mehresten Salzsoolen und des Meerwassers, im mittelsalzigen Zustande.

*) Synonyma: Bittererde, Bittersalzerde (Terra muriatica, Magnesia salis epsomiensis).

§. 904. Die reine Talkerde ist nicht ätzend und scharf, wie die reine Kalkerde, lös't sich nicht im Wasser auf, und erhitzt sich nicht damit. Die Alkalien lösen sie auf nassem Wege nicht auf. Sie schmelzt für sich im gewöhnlichen Feuer nicht.

§. 905. 4) Die **Thonerde** (Argilla, *Alumine*) *) macht einen Bestandtheil des Thones und der Thonarten, muß aber nicht mit dem **Thone** selbst verwechselt werden, worin sie immer mit Kieselerde verbunden ist. Bis jetzt hat man sie nur erst hier zu Halle im Garten des Pädagogiums rein gefunden. Die Thonerde läßt sich mit Wasser ungemein fein zertheilen, aber nicht darin auflösen; giebt mit wenigem Wasser einen zähen Teig; zieht sich beym Austrocknen sehr zusammen; und vor dem völligen Austrocknen schnell in starkes Feuer gebracht, bekommt sie Risse und springt umher. Nach dem Austrocknen im Feuer gebrannt, schwindet sie sehr stark und brennt sich hart, so daß sie mit dem Stahle Funken giebt. Die gebrannte Thonerde läßt sich nicht wieder mit Wasser zu einem zähen Teige bilden. Gegen die Kohlensäure hat die Thonerde keine Verwandtschaft. Von den Alkalien wird sie auf nassem Wege aufgelös't, was ein sehr charakteristisches Merkmal derselben ist. Sie ist im stärksten Ofenfeuer für sich unschmelzbar, mit der Kalkerde aber ist sie schmelzbar.

*) Synonyma: Alaunerde (Terra aluminis), reine **Thonerde** (Argilla pura).

§. 906. 5) Die **Schwererde** (Baryta, *Baryte*) *) wird in der Natur immer in Verbindung mit Säuren, wie mit Schwefelsäure, (**Schwerspath**,) oder mit Kohlensäure, (**Witherit**,) angetroffen. Die Kunst muß sie also erst rein darstellen. Diese reine Schwererde ist unschmelzbar für sich; sie lös't sich in geringer Menge in Wasser auf, indem sie davon wohl 900 Theile

zur

zur Auflösung erfordert; die Auflösung schmeckt scharf und reagirt als alkalische Substanz auf Pflanzenfarben; an der Luft wird sie getrübt, indem die Schwererde Kohlensäure anzieht und nun unauflöslich wird.

*) Terra ponderosa off.

§. 907. 6) Die **Strontionerde** (Strontiona) findet sich in einem Fossil, das von seinem Geburtsorte **Strontion** in Schottland den Namen **Strontionit** erhalten hat, und worin diese Erde mit Kohlensäure verbunden ist. Sonst aber macht sie auch einen Bestandtheil des Schwerspaths aus.

§. 908. Die reine, von Kohlensäure befreyete, Strontionerde hat einen ätzenden Geschmack, lös't sich in vielem kochenden Wasser, nämlich in 250 Theilen, auf; vom kalten Wasser aber braucht sie mehr zu ihrer Auflösung. Die Auflösung hat den Geschmack eines starken Kalkwassers und wird durch Anziehung der Kohlensäure an der Luft getrübt. Die mit kochendem Wasser gemachte und gesättigte Auflösung der Strontionerde in Wasser, wenn sie nach dem Filtriren sogleich in einer gläsernen Flasche genau verwahrt wird, schießt zu klaren, durchsichtigen Krystallen an, von rhomboidalischer Gestalt, von einem ätzenden Geschmacke, welche an der Luft ihre Durchsichtigkeit verlieren. Die Strontionerde ist im heftigsten Feuer für sich unschmelzbar.

§. 909. 7) Die **Zirkonerde** (Circonia) ist zuerst vom Herrn **Klaproth** in den **Zirkonen**, nachher auch in dem **Hyacinth** als vorwaltender Bestandtheil

und

und als eigenthümliche Erde entdeckt worden. Sie ist unauflöslich im Wasser; in Säuren auflösbar, aber nicht mit Kohlensäure verwandt; in ätzenden Alkalien auf nassem Wege nicht auflösbar; unschmelzbar für sich und mit feuerbeständigen Alkalien; nur mit Borax fließt sie zu Glase.

§. 910. 8) Die **Australerde** (Cambria) ist von Herrn **Wedgwood** in einer Erdart von Neu-Süd-Wales entdeckt worden. Sie ist unauflöslich im Wasser, in Aetzlauge und Säuren, ausgenommen in der concentrirten salzigten Säure durch Hülfe der Hitze, woraus sie aber doch durch bloßes Wasser wieder gefällt wird. Im starken Feuer ist sie für sich schmelzbar.

Einfache verbrennliche Substanzen.

§. 911. Alle verbrennliche Substanzen sind zwar zusammengesetzt aus der Basis des Lichts oder dem Brennstoffe (§. 803.) und ihrem eigenen Substrate. Wenn dieses letztere aber selbst nicht weiter zerlegt werden kann, so nenne ich auch die entzündliche Substanz, die es mit dem Brennstoffe bildet, einfach, indem wir auf letztern in chemischer Hinsicht nicht Rücksicht zu nehmen brauchen (§. 843.).

§. 912. Einfache entzündliche Substanzen (§. 911.) sind: 1) **Wasserstoff**, 2) **Kohlenstoff**, 3) **Schwefel**, 4) **Stickstoff**, 5) **Phosphor**, 6) **Radical der Salzsäure**, 7) **Radical der Flußsäure**, 8) **Radical der Boraxsäure**, 9) — 27) die 19 **Metalle**.

talle. Wir betrachten sie nach ihren Eigenschaften und nach ihren merkwürdigsten Verbindungen, so wohl mit andern einfachen Stoffen als unter sich.

Wasserstoff. Wasser.

§. 913. Das **Wasser** ist keine einfache Substanz, wie man sonst glaubte, sondern kann in ungleichartige Bestandtheile zerlegt und wieder daraus zusammengesetzt werden.

§. 914. Man schütte Wasser in eine kleine gläserne Retorte, lege sie in ein Sandbad, kütte ihren Hals in einen eisernen Flintenlauf, in dessen Mitte man noch spiralförmig gewundenen Eisendraht und eiserne Nägel gebracht hat; man bringe das untere, ebenfalls offene, Ende des laufs unter den Trichter der mit Wasser gefüllten pneumatischen Wanne, mache seinen mittlern Theil durch Kohlen glühend, und erhitze das Wasser in der Retorte bis zum Kochen. So wie nun die Dämpfe des kochenden Wassers durch den glühenden Theil des eisernen Rohres streichen, verwandeln sie sich in eine Gasart, welche entzündlich ist und sich charakteristisch von andern luftarten unterscheidet.

§. 915. Um aber die Veränderungen, die das Wasser bey der Erzeugung dieser Gasart erleidet, besser bestimmen und Schlüsse daraus auf die Mischung des Wassers ziehen zu können, stelle man den vorigen Versuch auf folgende Weise an. Man nehme eine beschlagene Röhre aus hartem Glase, bringe in

in die Mitte ihrer Höhlung 274 Gr. (franz.) spiral-
förmig gewundenen Eisendraht, kütte in die obere Mündung derselben den Hals einer kleinern gläsernen Retorte, in die man zwey Unzen destillirtes Wasser geschüttet hat, und lege sie in ein Sandbad. Den mittlern Theil der Röhre, wo das Eisen liegt, lasse man durch ein Kohlenbecken etwas geneigt treten, und kütte ihr unteres Ende in eine Mittelflasche, die in kaltem Wasser steht, und aus der eine Leitungsröhre unter den Trichter der pneumatischen Wanne tritt. Man mache die Glasröhre in der Mitte nach und nach glühend, bringe dann das Wasser in der Retorte zum Kochen, und nöthige so seine Dämpfe, durch das glühende Eisen zu streichen, wo sich dann auch das erwähnte Gas erzeugt. Man erhält, wenn alles gut gelingt, nach Abzug der atmosphärischen Luft der Gefäße, etwa 416 Cubikzoll (paris.) von dieser brennbaren Luft, die 15 Gr. (franz.) wiegen. Das Eisen in der Retorte ist verändert und wie verbrannt; es ist brüchig und spröde geworden, und wiegt nun 85 Gran mehr, als vor der Operation. Das in der Mittelflasche gesammelte Wasser beträgt, wenn alles überdestillirt ist, 100 Gr. weniger, als das zur Operation angewendete.

Lavoisier traité élémentaire, T. I. S. 92. ff.

§. 916. Das erhaltene Gas heißt aus Gründen, die sogleich erhellen werden, **Wasserstoffgas** (Gas hydrogenium, *Gaz hydrogène*), sonst **brennbare, entzündbare Luft** (Aër inflammabilis). Es ist das leichteste von allen Gasarten (s. oben S. 253.); es

besitzt

besitzt einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch, ist irrespirabel, und löscht ein hineingebrachtes Licht aus; sonst aber ist es selbst brennbar, und läßt sich entzünden, wenn Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft Zugang hat. So brennt es an der Mündung einer Flasche, worin es enthalten ist, nach dem Anzünden mit einer Flamme, die desto schneller in das Gefäß hinabsteigt, je weiter die Mündung der Flasche ist. Wenn man eine mit diesem Gas gefüllte Glasglocke aus dem Sperrwasser hebt, so kann man von unten her das Gas darin ebenfalls anzünden. Vermischt man das Gas in einem Gefäße mit etwa dreymal so viel, (dem Volum nach,) atmosphärischer Luft, so verbreitet sich die durch eine brennende Kerze an der Mündung der Flasche verursachte Entzündung im Moment durch den ganzen Raum, und es entsteht eine starke Explosion, die noch stärker ist, wenn man einen Theil reines Sauerstoffgas mit zwey Theilen Wasserstoffgas, (dem Volum nach,) vermischt hat. Man unternimmt diese Explosion am sichersten in einer Flasche aus elastischem Harze. Auch durch den electrischen Funken lassen sich diese Vermischungen anzünden. — Sonst wird das Wasserstoffgas weder vom Wasser, noch von Alkalien oder Kalkwasser, eingesogen oder geändert.

§. 917. Da bey dem Prozesse der Erzeugung dieses Gas (§. 915.) die Gewichtszunahme des rückständigen Eisens zu dem Gewichte des erhaltenen Gas addirt, dem Gewichte des dabey verschwundenen Wassers correspondirt; so folgt ganz natürlich, daß dieses

Wasser

Wasser theils zur Veränderung jenes Eisens, theils zur Bildung des Gas verwendet worden seyn müsse. Die Veränderungen, die das Eisen durch die Wasserdämpfe beym Glühen erlitten hat, sind ganz dieselbigen, als wenn es in Sauerstoffgas verbrennt (§. 833.), folglich muß Sauerstoff an ihn getreten seyn, und dieser muß einen Bestandtheil des Wassers ausmachen. Da die Gewichtszunahme des Eisens hierbey zu dem Gewichte des erhaltenen brennbaren Gas addirt, dem Gewichte des verschwundenen Wassers correspondirt, so muß die ponderabele Basis dieses Gas den andern Bestandtheil des Wassers ausmachen. Weil also das Wasser aus Sauerstoff und dieser ponderabelen Basis des brennbaren Gas zusammengesetzt ist, so hat man eben deshalb der letztern den Nahmen **Wasserstoff** (Hydrogenium, *Hydrogène*) gegeben.

Lavoisier traité élém. S. 91. ff.

§. 918. Das Wasser besteht demnach aus **Sauerstoff** und **Wasserstoff**, und zwar, dem angeführten und andern Experimenten zu Folge, aus 0,85 des erstern und 0,15 des letztern.

§. 919. Die Theorie des angeführten Prozesses (§. 914. ff.) ist nun folgende. In der Glühehitze entzieht das Eisen wegen seiner nähern Verwandtschaft zum Sauerstoffe diesen dem Wasserstoffe im Wasser, und der Wasserstoff nimmt den Brennstoff des Eisens auf, und tritt durch den Wärmestoff als expansibeles Fluidum aus; das Eisen bleibt solcher Gestalt verkalkt

verkalkt oder oxidirt zurück. Die Basis des Wasserstoffgas ist also Wasserstoff und Brennstoff.

§. 920. Die völlige Ueberzeugung von dieser aus analytischen Versuchen gezogenen Schlußfolge gewährt die Synthesis des Wassers, oder die Wiedererzeugung desselben aus der ponderabelen Basis des Wasserstoffgas und Sauerstoffgas. Läßt man nämlich beyde Gasarten in dem Verhältnisse von 15 Theilen des Wasserstoffgas zu 85 Theilen des Sauerstoffgas, (dem Gewichte nach,) in einem eingeschlossenen Raume verbrennen, so werden beyde Luftarten zerstört, und es bildet sich wieder Wasser, das dem Gewichte nach 100 Theile beträgt.

Mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos, par M. *Fourcroy*, *Vauquelin* et *Seguin*; in den *Annales de chimie*, T. VIII. S. 230. ff. T. IX. S. 30. ff.

§. 921. Um dieses Verbrennen mit gehöriger Bequemlichkeit und mit genauer Schätzung der dabey verzehrten Gasarten vornehmen zu können, hat man eigene Vorrichtungen eingeführt, die den Namen der **Gazometer** führen. Der vom Hrn. **van Marum** dazu vorgeschlagene Apparat ist der einfachste und bequemste.

Lavoisier traité élém. T. II. S. 342. ff. Ueber die Apparate zur Wasser- und Säureerzeugung, und ihre vortheilhaftern Einrichtungen, vom Hrn. Succow; in Crells chem. Annalen, 1791. B. I. S. 453. ff. Beschreibung eines sehr einfachen Gazometers, vom Hrn. van Marum; in Grens Journ. der Phys. B. V. S. 154. ff. B. VI. S. 3. ff. Beschreibung eines Gazometers oder Luftmessers und einiger damit angestellten Versuche, vom Hrn. von Hauch; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. II. S. 1. ff.

§. 922. Wenn Wasserstoffgas und Sauerstoffgas mit einander vermischt werden, so ist in der Temperatur unter dem Glühen die Anziehung ihrer respectiven Gründlagen zum Wärmestoffe größer, als gegen einander, und sie zersetzen sich daher nicht. Hingegen in der Temperatur des Glühens ziehen sich Sauerstoff und Wasserstoff wechselseitig wieder stärker an, und sie vereinigen sich wieder zusammen zum Wasser, während der Brennstoff des Wasserstoffgas mit dem frey werdenden Wärmestoffe beyder Gasarten das Feuer bildet.

§. 923. Wenn wir einen pariser Cubikfuß Wasser zu 70 Pf. (franz.) rechnen, und einen Cubikfuß Wasserstoffgas zu 61 Gr., so folgt aus dem obigen Verhältnisse des Wasserstoffes zum Sauerstoffe im Wasser, daß in einem Cubikfuße Wasser 10½ Pf. Wasserstoff enthalten sind, die über 1569 Cubikfuß brennbare Luft bilden können.

§. 924. Das Wasserstoffgas kann aus dem Wasser noch auf mehrere andere Arten dargestellt werden, als auf die (§. 914.) angezeigte Weise. Wenn man nämlich mit Wasser verdünnte Schwefelsäure oder salzigte Säure auf Eisenfeil oder Zink gießt, so wird durch diese Metalle unter Einwirkung der Säure das Wasser ebenfalls zerlegt; sie nehmen den Sauerstoff daraus in sich, treten ihren Brennstoff an den Wasserstoff ab, verkalken sich und werden von der Säure aufgelös't, während der Wasserstoff mit dem Brennstoffe verbunden als Gas austritt. Man

schütte

schütte zu dem Ende gekörnten oder in Stücke gebrochenen Zink in eine Entbindungsflasche (§. 611.), und gieße darauf ein Gemisch aus 1 Theile Vitriolöhl und 6 Theilen Wasser. Die Auflösung geschieht mit mäßiger Lebhaftigkeit und Aufbrausen. Das sich entwickelnde Gas fange man vermittelst des übrigen pneumatischen Apparats durch Wasser hindurch auf.

§. 925. Wenn man die Erzeugung des Wasserstoffgas nach der eben angezeigten Weise (§. 924.) in einer kleinen Flasche aus starkem Glase vornimmt, die man mit einem Korkstöpsel verschlossen hat, durch welche eine enge zulaufende Glasröhre vertical gesteckt ist, aus der das Gas hervortreten kann; dann diesen hervortretenden Strom des Gas anzündet, nachdem man sicher ist, daß keine atmosphärische Luft mehr im Glase eingeschlossen ist; und über die Flamme des brennenden Gas die Mündung eines Glaskolbens oder eines oben geschlossenen Glascylinders hält: so entsteht ein schneidender Harmonicaton. Die Luft, welche hierbey in das Gefäß strömt, in welchem das Sauerstoffgas zersetzt wird, bewirkt hierbey die klingende Erschütterung.

§. 926. Das Wasser kann nur dann zerlegt werden, wenn es mit einer Materie in Berührung kommt, die Anziehung zu seinem Sauerstoffe hat, und zwar eine stärkere, als die ist, welche der Wasserstoff gegen den Sauerstoff besitzt. Deshalb wird das Wasser beym Durchgange durch glühendes Glas, Gold, Silber, Porzellän, und überhaupt durch unverbrenn-

verbrennliche Körper, nicht zerlegt, sondern bleibt Wasser.

Chemische Versuche über die Bestandtheile und die Zerlegung des Wassers, vom Hrn. von Hauch; in Grens Journ. d. Phys. B. VIII. S. 27. ff.

§. 927. Man kennt bis jetzt noch keinen Körper, der das Wasser dadurch zerlegte, daß er den Wasserstoff desselben stärker anzöge, als er vom Sauerstoffe angezogen wird. Die Natur scheint aber diesen Weg bey der Vegetation der Pflanzen einzuschlagen, die im Sonnenlichte das Wasser zersetzen, den Wasserstoff daraus in sich nehmen und sich als Bestandtheil zueignen, und den Sauerstoff frey machen, der als Sauerstoffgas sich aus den Blättern entwickelt.

§. 928. Man bringe zu dem Ende in einen geräumigen Glascylinder oder Glaskolben eine im Wasser eine hinlängliche Zeit ausdauernde gesunde und saftreiche Pflanze, fülle das Gefäß mit reinem Wasser ganz voll, decke es mit einer Tasse oder Schüssel zu, kehre es in einer Wanne mit Wasser so um, daß keine Luft von außen hineinkomme. Wenn man nun hierauf den Apparat an die Sonne stellt, so nimmt man wahr, daß aus der Fläche der Blätter Luftbläschen zum Vorscheine kommen, die sich davon ablösen, nach oben in das Gefäß aufsteigen und sich sammeln, und so das Wasser heraustreiben. So lange die Pflanze frisch und gesund bleibt, dauert die Entwickelung des Sauerstoffgas im Sonnenlichte fort. Die saftigen Pflanzen, die Wasserpflanzen, die cryptogamischen Pflanzen, wie besonders Conferva rivularis, die

Priest=

Priestleyische grüne Materie, geben das Sauerstoffgas hierbey in vorzüglicher Menge.

§. 929. Die zahlreichen Versuche des Herrn **Ingenhousz** über diesen Gegenstand, so wie die des Herrn **Sennebier**, bestätigen die Thatsache ganz allgemein, daß zur Entwickelung des Sauerstoffgas aus den Pflanzen das Licht Bedingung ist, und daß sie das Gas desto reichlicher ausströmen, je heller der Tag ist und je mehr die Stellung der Pflanze sie dem Einflusse des Lichts aussetzt. Die Pflanzen entwickeln ferner das Sauerstoffgas nur so lange, als sie gesund und in dem Acte der Vegetation begriffen sind, und sie hören auf, es zu thun, so bald sie absterben. Bey ihrem Wachsthume im Freyen geben sie auch unstreitig mehr Sauerstoffgas, als unter Wasser, obgleich dann der Prozeß selbst nicht wahrgenommen werden kann; denn die meisten Pflanzen, wenn sie unter Wasser gesetzt werden, befinden sich in einem untauglichen Medium, um lange ihre volle Kraft zu behalten. Herr **Sennebier** behauptet, daß die Blätter des Nachts und im Dunkeln gar keine Luft entwickeln; die zahlreichen Versuche des Hrn. **Ingenhousz** zeigen aber doch, daß sie dann eine irrespirabele Gasart, Stickgas und kohlensaures Gas, obgleich in geringer Menge, ausströmen; welches nach ihm auch die Blumen, die Wurzeln und die reifen Früchte, in den mehresten Fällen, so wohl im Sonnenscheine als im Dunkeln thun.

Joh. Ingenhousz Versuche mit Pflanzen, wodurch entdeckt worden, daß sie die Kraft besitzen, die atmosphärische Luft beym Sonnenscheine zu reinigen, und im Schatten und des

des Nachts über zu verderben, a. d. Engl. Leipz. 1780. 8. Wien, Th. I — III. 1785 — 1790. 8. Einige Bemerkungen über die Oekonomie der Pflanzen; in Ingenhousz verm. Schr. B. I. S. 341. ff. Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois regnes de la nature, et surtout ceux du regne végetal, par *J. Sennebier.* à Geneve 1782. T. I. III. 8. Joh. Sennebiers physikalisch-chemische Abhandlungen über den Einfluß des Sonnenlichts auf alle drey Reiche der Natur, a. d. Franz. Th. I — IV. Leipz. 1785. 8. Ebendesselben Expériences sur l'action de la lumière solaire pour la végetation. à Geneve 1788. 8.

§. 930. Der Wasserstoff ist einfach und bis jetzt unzerlegt. Er ist ferner für sich nicht darstellbar, und wir kennen ihn nur in seinen Zusammensetzungen. Er macht nicht nur einen Bestandtheil des Wassers und des Wasserstoffgas aus, sondern geht in die Mischung der Erdharze, des Alcohols, und aller und jeder nähern Bestandtheile der Körper des Gewächsreiches und Thierreiches ein.

§. 931. Das Wasser kommt in der Natur in einer dreyfachen Form vor: als festes Wasser, oder **Eis**; als liquides, oder eigentliches **Wasser**; und als elastisch-flüssiges, oder **Wasserdampf**.

§. 932. Das liquide Wasser ist im Zustande seiner Reinigkeit eine farbenlose, durchsichtige, unschmackhafte, geruchlose, unentzündliche Flüssigkeit, die allerdings etwas Elasticität besitzt und compressibel ist, wie **Zimmermanns** und **Abichs** Versuche, die Fortpflanzung des Schalles durch das Wasser, und das Abspringen harter Körper von demselben beweisen.

Vergl. §. 130.

§. 933. Das Wasser hat seine Flüssigkeit nur vom Stoffe der Wärme (§. 137. 571.), und es gehört zu den sehr schmelzbaren Substanzen. Bey Verminderung der freyen Wärme unter 32° Fahr. wird es fest oder zu Eis, wobey es dann wieder den vorher latent gemachten Wärmestoff entläßt. Die Entstehung des Eises ist im Grunde eine Art von Krystallisation (§. 144.). Es nimmt dabey unter den gehörigen Umständen eine regelmäßige Gestalt an, und bildet sich gewöhnlich in Nadeln, die unter einem Winkel von 60° sich durchkreuzen. Daher die sechszackige Figur des Schnees.

§. 934. Bey diesem Gefrieren des Wassers entwickeln sich die Luftarten, die im Wasser aufgelös't waren, als kleinere oder größere Blasen, die in der Masse des Eises zerstreut sind. Diese bringen dadurch manchmal sehr besondere Erscheinungen hervor, und von der Menge derselben hängt auch die größere oder geringere Undurchsichtigkeit des Eises ab. Merkwürdig ist es, daß auch gekochtes und von Luft befreyetes Wasser beym Gefrieren doch dergleichen Blasen zeigt. Sollte hier wohl nicht, nach Herrn Lichtenbergs Meinung, die Entwickelung der im Wasser latent gewesenen Wärme durch Verwandlung einiger Theile desselben in elastischen Dampf an der Entstehung dieser Blasen Antheil haben können?

§. 935. Das Wasser dehnt sich beym Gefrieren in einen größern Raum aus. Dies rührt theils und hauptsächlich von der Anziehung seiner Theile her, vermöge

möge welcher sie beym Krystallisiren eine bestimmte Lage anzunehmen streben; theils von den entwickelten Luft- oder Dampfblasen. Von dieser Ausdehnung des Eises bey seiner Entstehung aus dem Wasser ist es herzuleiten, daß gläserne Flaschen, die mit Wasser gefüllt und verschlossen sind, beym Gefrieren des Wassers zerspringen, und daß dadurch selbst eiserne Bomben mit großer Gewalt zersprengt, Bäume und Felsen von einander gerissen, das Pflaster auf den Straßen gehoben werden kann. Davon rührt es auch her, daß das Eis ein geringeres specifisches Gewicht hat als das Wasser und auf dem Wasser schwimmt.

Versuche über die ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers, angestellt von Erdm. Williams; in Grens Journal der Physik, B. VII. S. 281. ff.

§. 936. Merkwürdig ist es, daß das Wasser eine etwas stärkere Kälte ertragen kann, ohne zu gefrieren, wenn es in genau zugestopften Gefäßen der Kälte ausgesetzt wird, als beym Zugange der freyen Luft. Eine mäßige Erschütterung bringt aber dieses Wasser augenblicklich zum Gefrieren, und gewöhnlich zu einer schäumigen, mit vielen Luftblasen angefüllten Masse. Auch wenn die Oberfläche des Wassers mit Oehl bedeckt ist, so kann es, ohne zu gefrieren, eine stärkere Kälte ertragen als das Wasser, das der freyen Luft ausgesetzt ist, und wird ebenfalls durch Umrühren oder Schütteln hernach schnell zu Eise. Sollte hierbey wohl nicht die nöthige Entwickelung der verborgen gewesenen Wärme länger zurückgehalten werden als bey Berührung der freyen Luft? Die Ursache,

sache, warum feste Salze das Gefrieren des Wassers hindern, worin sie aufgelöſ't sind, und schwache Salzlaugen durch den Frost concentrirt werden können, indem nur das Wässerige gefriert, erhellet aus dem oben (§. 618 — 621.) Angeführten. Sie verschlucken nämlich eine größere Menge von Wärmestoff, und halten ihn stärker zurück als bloßes Wasser, das ohne Ausscheidung dieser größern Menge der unmerkbaren Wärme nicht gefrieren kann. Die Rückkehr des Eises zum tropfbaren Wasser oder das Aufthauen desselben geschiht durch die Aufnahme des freyen Wärmestoffes, der dadurch, daß er dem festen Wasser Flüssigkeit ertheilt, wieder unmerkbar wird.

§. 937. Auch ohne zu gefrieren ist das Wasser vermögend, durch innige Verbindung mit festen Körpern in den Zustand der Festigkeit und der mehrern Feuerbeständigkeit überzugehen, wie das Krystallisationswasser der Salze (§. 859.) der Erde und Steine beweiset.

§. 938. Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für eine große Anzahl von Körpern. Besonders ist es das eigentliche Auflösungsmittel für die Salze, und durch deren Hülfe kann es dann auch wieder andere Körper auflösen, auf die es sonst nicht wirkt. Daher kommt es auch, daß in der Natur nur wenig Wasser angetroffen wird, das völlig rein seyn sollte. Zu den reinsten Wassern gehören die atmosphärischen besonders Schnee und Regenwasser. Um sich sonst reines Wasser zu verschaffen, bleibt die Destillation aus Gefäßen von hartem Glase das einzige Mittel.

§. 939. Das Wasser ist in der Hitze flüchtig und verwandelt sich beym Sieden in Dämpfe. Es geht nun durch Verbindung mit mehrerm Wärmestoffe in den Zustand der eigentlichen expansibelen Flüssigkeit, in **Wasserdampf** über. Die beym Sieden des Wassers vorkommenden Umstände sind schon oben (§. 579. ff.) angeführt worden.

§. 940. Die so genannte **unmerkliche Ausdünstung des Wassers** ist ebenfalls nichts anderes als die Verwandlung desselben in elastischen Dampf durch Beytritt und Verschluckung des Wärmestoffes. Sie geschieht nur an der Oberfläche des Wassers in der geringen Temperatur, und eben wegen der mindern Intensität des dem Wasser zugeführten Wärmestoffes, in geringerer Menge und unmerklich. Daß aber bey dieser unmerklichen Verdunstung des Wassers ebenfalls Wärmestoff zum verborgenen gemacht werde, beweiset die Abkühlung des Thermometers durch Wasser, das von seiner Oberfläche unmerklich verdunstet, und die beträchtliche Leitungskraft des Wassers für Wärme. Hrn. **Watt** Erfahrungen beweisen auch, daß das Wasser bey der unmerklichen Verdunstung verhältnißmäßig mehr Wärmestoff verschlucke als beym Sieden.

de Luc; in Grens Journ. der Physik, B. VI. S. 125. ff.

§. 941. Das Maximum der Verdampfung des Wassers (§. 593.), oder das größte Verhältniß der Basis des Dampfes zum Raume desselben, hängt bey gleicher Zusammendrückung von der Temperatur des Dam-

Dampfes ab (§§. 593. 594.). Wenn also Wasserdampf in der Luft enthalten ist, und es mindert sich die Temperatur der Luft, so kann das vorige Maximum der Verdampfung nicht bestehen, sondern ein Theil Basis des Dampfes, also Wasser, schlägt sich nieder, der nun Nebel, und bey näherm Zusammentritte desselben, Wassertropfen bildet. Wenn aber auch bey bleibender Temperatur der Druck der Luft zunimmt, so wird ein Theil des Wasserdampfes ebenfalls zersetzt, indem, wenn er in einen engern Raum gebracht werden sollte, das Maximum der Verdampfung überschritten werden müßte.

§. 942. Man sieht also, wie Wasserdampf in allen Temperaturen der Luft gegenwärtig seyn könne; durch den Wechsel ihrer Temperaturen und ihres Drucks aber bald in größerer Menge erzeugt, bald wieder zersetzt werden muß.

§. 943. So lange der Wasserdampf unzersetzt und ein expansibeles Fluidum ist, so lange ist er auch völlig durchsichtig und unsichtbar, wie die atmosphärische Luft; er trübt also ihre Klarheit nicht, wenn er als solcher mit ihr vermischt ist. Wenn er aber, durch die vorher (§. 941.) angeführten Ursachen darin zersetzt zu werden anfängt, so bildet er den Nebel, der, wie ich schon oben (§. 592.) angeführt habe, kein Dampf mehr ist und mit Unrecht so genannt wird; er ist höchst fein zertheiltes liquides Wasser. Durch Zunahme der Temperatur der Luft und abnehmenden Druck derselben kann der Nebel wieder verschwinden,

den, indem er sich von neuem wieder in wahren Dampf verwandelt.

§. 944. Auf diese wechselseitige Zersetzung und Bildung des Wasserdampfs in der Luft gründen sich die bekannten Phänomene vom Sichtbarwerden unsers Hauchs in kalter Luft und der Unsichtbarkeit desselben in warmer; das so genannte Schwitzen oder Anlaufen kalter Körper in feuchten und heißen Zimmern; das Schwitzen der Fenster in diesen Zimmern, wenn die äußere Luft merklich kälter ist als die innere; das Beschlagen der Gebäude beym Thauwetter nach anhaltendem Froste; das Beschlagen der Glocke der Luftpumpe bey Wiederhinzulassung der Luft nach vorhergegangener Verdünnung; die Entstehung des Nebels, der Wolken, des Thaues, des Reifs, des Regens, des Schnees, des Hagels.

§. 945. Andere Naturforscher erklären die unmerkliche Ausdünstung, wie ich schon oben (§. 598.) angeführt habe, lediglich aus der Auflösung des Wassers in der Luft. Sie nehmen an, daß die Luft nur eine bestimmte Menge Wasser auflösen könne, wo sie dann damit gesättigt sey. Ihr Sättigungsgrad sey aber, wie bey mehrern andern Auflösungsmitteln, nach der Temperatur verschieden; eine warme Luft löse mehr Wasser auf als eine kalte. Wenn daher die Luft in der Wärme mit Wasser gesättigt sey, so schlage sich dieses beym Erkalten daraus nieder und werde bey zunehmender Wärme der Luft wieder aufgelös't; und hieraus erklären sie die vorher (§. 944.) angeführten

Erschei-

Erscheinungen. Allein es läßt sich die Verdunstung nicht allein leichter und ungezwungener ohne diese Auflösung des Wassers in der Luft erklären, wie Herr **de Luc** gründlich dargethan hat; sondern es steht derselben auch entgegen, daß die Verdunstung ohne alle Luft Statt finden kann, ja dann noch desto besser Statt findet, und daß die mit Wasserdunst beladene Luft bey gleicher Wärme und absoluter Elasticität, nach **Saussure's** Beobachtungen, ein geringeres eigenthümliches Gewicht hat als die trockene, welches nicht seyn könnte, wenn das Wasser so in der Luft aufgelös't wäre, als ein Salz im Wasser aufgelös't ist. Es kann folglich das Wasser nur als der specifisch leichtere elastische Dampf in der Luft enthalten seyn.

§. 946. Ein Werkzeug, welches bestimmt ist, die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzuzeigen oder zu messen, heißt ein **Hygroskop** oder **Hygrometer**. Die Substanz, welche durch ihre Veränderungen die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzeigt, heißt der **hygroskopische Körper**.

§. 947. Man hat eine große Menge Körper zu der hygroskopischen Substanz der Hygrometer vorgeschlagen, und ist besonders auch in der Bestimmung der festen Puncte der hygrometrischen Scale sehr schwankend gewesen. Die Herren **Saussure** und **de Luc** haben viele Bemühungen angewandt, und viele Untersuchungen angestellt, um feste Grundsätze in die Hygrometrie einzuführen. Das **Hygrometer** des

Herrn

Herrn Saussure besteht aus einem Menschenhaare, das durch Kochen in einer Lauge des kohlensauren Mineralalkali von seiner Fettigkeit befreyet worden, an einen festen Punct angehängt, und am andern Ende mit einer dünnen Welle in Verbindung ist, die einen Zeiger auf einer Scheibe drehet. Durch die Feuchtigkeit wird das Haar schlaff, es verlängert sich, und das kleine Gegengewicht an der Welle drehet diese. Durch Trockniß verkürzt es sich, und überwindet das Gegengewicht der Welle. Den Punct der größten Feuchtigkeit bestimmt der Erfinder unter einer gläsernen Glocke, die mit Wasser gesperrt und inwendig mit Wasser befeuchtet worden ist; den Punct der größten Trockniß aber unter einer gläsernen Glocke, die auf einem bis zum Glühen erhitzten, mit ausgeglühetem Gewächsalkali bedeckten, Bleche steht. Den Abstand der Puncte des Zeigers auf der Scheibe in der größten Feuchtigkeit und Trockniß theilt er in 100 gleiche Theile. Herr de Luc hat theils gegen die Anwendbarkeit des Haares selbst und aller Fäden überhaupt, theils gegen die Bestimmung der festen Puncte des Herrn von Saussure, viele Bemerkungen gemacht, und die Vorzüge des von ihm vorgeschlagenen Fischbeinhygrometers zu zeigen sich bemühet. Es besteht aus einem sehr dünnen Streifen Fischbein, der nicht in der Länge, sondern in der Quere der Fibern des Fischbeins geschnitten, unten an einen festen Punct angehängt, und oben auch mit einer feinen Welle in Verbindung ist, die auf einer Scheibe einen Zeiger drehet. Als Gegengewicht an der Welle dient ein

ein spiralförmig gewundener feiner Golddraht, der an dem einen Ende befestigt und an dem andern mit der Welle verbunden ist. Den Punct der größten Feuchtigkeit bestimmt er durch unmittelbares Eintauchen der hygroskopischen Substanz in Wasser, und den Punct der größten Trockniß in einem genau verschlossenen und mit frisch ausgeglühetem ungelöschten Kalke zum Theil angefüllten zinnernen Gefäße, worin er das Hygrometer aufhängt. Den Abstand beyder Puncte, den der Zeiger auf der Scheibe angiebt, theilt er in 100 gleiche Theile.

Saussure's oben (§. 592.) angeführte Schrift. Gehlers phys. Wörterbuch, Th. II. S. 661.; de Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. Kap. 1 — 3. Ebendesselben Abhandl. über die Hygrometrie, a. d. *philos. transactions* Vol. LXXXI. 1791., übers. in Grens Journ. der Physik, B. V. S. 279. ff.

§. 948. Ungeachtet der so mühsamen und vielfachen Untersuchungen, welche die genannten Naturforscher in Rücksicht des Hygrometers angestellt haben, muß man doch gestehen, daß die Grundlage der Hygrometrie, die sie errichtet haben, schwankend ist, und die Folgerungen, die sie aus den Beobachtungen mit dem Hygrometer ziehen, ganz unstatthaft sind. Zuvörderst muß ich bemerken, daß nur das liquide Wasser feuchtmachend ist, nicht das feste oder das Eis, und nicht das dampfförmige. Feuchtigkeit bezieht sich also nur auf das Anhängen des liquiden Wassers an einen Körper, und das Wasser hört auf, feuchtmachend oder Feuchtigkeit zu seyn, wenn es zum festen Wasser oder zum Dampfe wird. Es irren also diejenigen sehr, welche glauben, daß das Hygrometer die

die Anwesenheit oder Abwesenheit aller wässerigen Basis in der Atmosphäre anzeigen solle, und also auch den elastischen Wasserdampf. Die Erfahrungen der Herren de Luc und Watt lehren ja selbst, daß eine empfindliche hygroskopische Substanz im Wasserdampfe, der durch die nöthige Wärme durchaus in elastischem Zustande erhalten wird, auf Trockniß zeige. Nur dann, wenn ein Theil des Dampfes durch Abkühlung oder Zusammendrückung zersetzt wird, entsteht Feuchtigkeit im Dampfe durch die jetzt abgeschiedene wässerige Basis. Das Hygrometer des Hrn. Saussure so wohl, als das de Lucsche wird also in der Luft nur von dem Wasser afficirt, das als höchst fein zertheiltes liquides Wasser darin schwebt, und durch Zersetzung des Dampfes daraus niedergeschlagen worden ist. Wenn von zwey mit einander harmonirenden Hygrometern das eine in einem stark geheitzten Zimmer steht, dessen Luft mit elastischem Wasserdunste vermischt ist, und seine hygroskopische Substanz die Temperatur des Zimmers hat, so kann es einen ziemlichen Grad von Trockniß anzeigen, während das andere, dessen hygroskopische Substanz kalt ist, beym Hereinbringen ins Zimmer sogleich große Feuchtigkeit angiebt, eben weil es, bloß als kalter Körper, den Wasserdampf zersetzt (§. 593.). Die Wirkung des Werkzeugs ist diesemnach sehr eingeschränkt, und es ist für die Meteorologie bey weitem nicht so wichtig, als es Hr. de Luc darstellt. Hr. de Luc muß erst beweisen, daß die hygroskopische Substanz seines Hygrometers auch Wasserdämpfe, bey gleicher Temperatur

tur mit denselben, zersetze, oder zur Basis des Wasserdampfes eine stärkere Anziehung habe, als der Wärmestoff; sonst braucht man sich mit Hrn. **de Luc** nicht zu wundern, wie das Hygrometer in hohen Gegenden der Atmosphäre auf große Trockniß zeigen, und doch in diesen Gegenden oft plötzlich ungemein viel Regen entstehen könne, und man kann ihm nicht die Folgerung zulassen, daß dieses Wasser nicht als Dampf, sondern als Luft in der Atmosphäre zugegen gewesen seyn müßte.

Prüfung der neuen Theorie des Hrn. *de Luc* vom Regen, und seiner daraus abgeleiteten Einwürfe gegen die Auflösungstheorie, (von Hrn. *Zylius*). Berlin 1795. 8.

§. 949. Die uralte Meinung, daß sich das Wasser in Erde verwandeln lasse, die schon **Thales** behauptete, **Helmont**, **Boyle** und **Eller** durch Versuche mit dem Wachsen der Pflanzen durch bloßes Wasser, **Borricke**, **Boyle**, **Wallerius**, **Eller**, **Marggraf** durch Destillation des Wassers aus gläsernen Gefäßen, oder durch Reiben desselben beweisen wollten, hat sich bey genauerer Untersuchung von **Lavoisier** und **Scheele** nicht bestätigt.

Lavoisiers phys. = chemische Schriften, übers. von **Weigel**, B. II. 1785. S. 29. ff. in den Anm. der Uebers., wo man die hieher gehörigen Schriften angezeigt findet.

Kohlenstoff. Kohlensäure.

§. 950. Die **reine Kohle** oder der **Kohlenstoff** (Carboneum, *Carbone*) ist eine einfache, entzündliche Substanz. Sie ist feuerbeständig, geschmacklos, unauflöslich in Wasser, Oehlen und Alcohol, unschmelz=

schmelzbar, unzerstörbar im heftigsten Feuer, wenn die Luft davon ausgeschlossen ist. Die gemeine Holzkohle ist freylich nicht durchaus reiner Kohlenstoff, sondern enthält außer etwas Wasserstoff noch erdige und salzige Theile, die ihre Asche beym Verbrennen bilden. Man erhält einen reinern Kohlenstoff aus Lampenschwarz und Kienruß, wenn man diese in bedeckten Gefäßen heftig ausglühet.

§. 951. Der Kohlenstoff existirt in großer Menge in der Natur; er macht den größten Antheil aller thierischen und vegetabilischen Stoffe und der Erdharze aus; er findet sich in verschiedenen Steinarten, im Roheisen und Stahle; bildet hauptsächlich das Reißbley, und ist, wie wir gleich sehen werden, das Radical der so häufig verbreiteten Kohlensäure.

§. 952. Der Kohlenstoff erfordert zu seiner Entzündung in atmosphärischer Luft und Sauerstoffgas eine hohe Temperatur des Glühens, und verbrennt ohne Flamme. Unternimmt man dieses Verbrennen mit einer vorher wohl ausgeglüheten Holzkohle unter einer mit Sauerstoffgas gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Glasglocke, so daß man etwas Zunderschwamm und Phosphor an die Kohle geklebt hat, und diese durch ein Brennglas von außen vermittelst des Sonnenfeuers anzündet; so findet man, daß die elastische Flüssigkeit unter der Glocke dabey nicht verschwindet, wie beym Verbrennen des Phosphors, sondern daß vielmehr eine eigene Gasart sich bildet, die nicht zum Athemhohlen und zur Unterhaltung des

Verbrennens dient, die vom kalten Wasser langsam, schneller von der lauge ätzender Alkalien und vom Kalkwasser verschluckt wird, das letztere trübt, das reine Wasser säuerlich macht, so daß es die lackmustinctur röthet. Läßt man also nach Beendigung des Versuchs Aetzlauge über das Quecksilber treten, so nimmt das luftvolum ab, und was zurück bleibt, ist der Antheil Sauerstoffgas, der dem Einflusse der Kohle beym Verbrennen entging.

§. 953. Es verzehren bey diesem Versuche nach Lavoisiers genauer Bestimmung 28 Theile Kohlenstoff 72 Theile Sauerstoffgas, (dem Gewicht nach,) und es bilden sich daraus zusammen 100 Theile dieser eigenthümlichen Gasart, die von Kalkwasser oder Aetzlauge absorbirt wird.

Lavoisier über die Bildung der festen Luft, der Kreidensäure, oder besser der Kohlensäure; in Crells chem. Annalen, 1788. B. I S. 552. ff. B. II. S. 55. Desselben traité élément. S. 67. ff.

§. 954. Diese bey dem Verbrennen der Kohle aus dem Sauerstoffe und dem Kohlenstoffe offenbar erzeugte luft heißt **kohlensaures Gas** (Gas carbonicum, *Gaz acide carbonique*). *) Es unterscheidet sich durch sein größeres eigenthümliches Gewicht (S. 253.); durch seine Unfähigkeit zum Athemhohlen und zur Unterhaltung des Verbrennens; durch seine Acidität; dadurch, daß es vom Wasser eingesogen wird und das Kalkwasser trübt.

*) Synonyma: fixe Luft (Aër fixus), Luftsäure (Gas acidum aëreum), Kreidensäure (Gas acidum cretae).

§. 955.

§. 955. Die ponderabele Basis dieses Gas ist die Verbindung des seines Brennstoffs beraubten Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe, oder die **Kohlensäure** (Acidum carbonicum, *Acide carbonique*). Diese Kohlensäure ist bey dem Drucke der Luft und der Temperatur, wobey wir leben, gasförmig; bey ihrer Erzeugung und ihrem Freywerden nimmt sie also gleich Gasgestalt an. Die Absorption des Gas durch Wasser, Kalkwasser, Aetzlauge ist eine Zersetzung desselben, indem ihre Basis dadurch vom Wärmestoffe getrennt wird.

§. 956. Kaltes Wasser kann etwa ein gleiches Volum des kohlensauren Gas einsaugen. Dieses **kohlensaure Wasser** (**luftsaure Wasser**) hat einen schwach-säuerlichen Geschmack, färbt die Lackmustinctur roth, und wirft Blasen, wenn man es schüttelt. Es kommt dieses Wasser hierin mit den **natürlichen Sauerbrunnen**, dergleichen das Pyrmonter-, Selter-, Eger-Wasser u. a. m. sind, überein, die sich freylich so wohl von einander selbst, als von reinem kohlensauren Wasser durch andere aufgelös'te Bestandtheile unterscheiden. Durch Erhitzung und Kochen wird alle Kohlensäure aus dem Wasser wieder als elastische Luft ausgetrieben, eben so auch durch die Luftpumpe. Vermöge dieser Kohlensäure ist das Wasser fähig, auch andere Substanzen, z. B. Erden und Eisen, aufzulösen, die es für sich nicht auflösen kann. Beyspiele geben die **kohlensauren Stahlbrunnen**, wie das Pyrmonter- und Eger-Wasser. Um die Anschwängerung des Wassers mit der Kohlensäure

bequem

bequem zu verrichten, dient die Parkersche Glasgeräthschaft (§. 611.).

Torbern Bergman de acido aëreo; in seinen *opusc. phys. chem.* Vol. I. S. 1.

§. 957. Mit den reinen Alkalien und der reinen Kalkerde verbindet sich die Basis des kohlensauren Gas oder die Kohlensäure sehr leicht und gern, und beyde verlieren dadurch ihre Aetzbarkeit (§. 876. 902.) und kommen in einen neutral- und mittelsalzigen Zustand. Mischt man kohlensaures Gas zum Kalkwasser (§. 901.), so wird dieses sogleich getrübt, weil die darin aufgelös'te reine Kalkerde die Kohlensäure in sich nimmt, sich dadurch in kohlensaure Kalkerde verwandelt, die als solche im Wasser nicht auflösbar ist; ein Ueberschuß von Kohlensäure macht indessen die kohlensaure Kalkerde wieder im Wasser auflöslich, oder, welches einerley ist, kohlensaures Wasser lös't die kohlensaure Kalkerde auf. Diese Auflösung wird durch Kochen zersetzt. Die Kalkerde hat gegen die Kohlensäure nähere Verwandtschaft als die Alkalien dagegen haben; und jene entzieht daher dieselbe den kohlensauren Alkalien und macht sie ätzend. Kalkwasser wird eben deswegen vom kohlensauren Alkali sogleich getrübt. Ammoniakgas (§. 882.) und kohlensaures Gas geben sogleich eine feste Materie, kohlensaures Ammoniak.

§. 958. Die Kohlensäure macht einen Bestandtheil sehr vieler Körper aus. Sie macht nicht nur in den Sauerbrunnen (§. 956.), sondern auch in den moussirenden Weinen und im Bouteillenbiere das

Schäu-

Schäumende, und bildet sich bey jeder Weingährung, wo sie in dem so genannten Gäsch enthalten ist. Sie erzeugt sich beym Athemhohlen, und die ausgehauchte Luft enthält immer kohlensaures Gas; sie erzeugt sich ferner beym Verbrennen und der trockenen Destillation aller vegetabilischen und thierischen Substanzen. Sie befindet sich in mehrern Fossilien, wie in den so genannten rohen Kalkerden (§. 900.), die alle kohlensaure Kalkerde sind, z. B. Kreide, Kalkspath, gemeiner Kalkstein, Marmor; sie kann durch jede andere Säure daraus ausgetrieben werden, und sie erzeugt eben das Aufbrausen (§. 190.) derselben mit andern stärkern Säuren. Sie läßt sich auch durch Glühen im Feuer daraus austreiben, und darauf beruhet das Brennen des Kalkes (§. 900.). Von dem in der Atmosphäre befindlichen kohlensauren Gas rühren die Veränderungen her, welche Kalkwasser und gebrannter Kalk mit der Zeit an der Luft erfahren (§. 902.).

§. 959. Man hat daher mehrere Mittel, sich das kohlensaure Gas zu verschaffen. Man gieße in eine Entbindungsflasche auf gepulverte Kreide verdünnte Schwefelsäure, so entsteht ein starkes Aufbrausen, das von der entwickelten Kohlensäure herrührt. Man bringe die Mündung der Seitenröhre der Flasche unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne und lasse die aufsteigenden Luftblasen in die Vorlage treten. — Oder man fülle eine kleine irdene beschlagene Retorte mit rohem Kalksteine, Kreide, Marmor, u. dergl. Kalkarten an, kütte eine Röhre an die Mündung

dung der Retorte, lege das untere Ende der Röhre unter den Trichter der Wanne des pneumatischen Apparats, und erhitze dann die Retorte bis zum Glühen, so geht während des Glühens das kohlensaure Gas in die Vorlage über.

§. 960. Bey dem Verbrennen der Kohle in atmosphärischer Luft bleibt also nicht bloß Stickgas übrig, sondern zu gleicher Zeit das neu erzeugte kohlensaure Gas, und es läßt sich hieraus die Schädlichkeit des so genannten Kohlendampfes, eigentlich des Brennens der Kohlen, auch der reinsten, in verschlossenen Zimmern für die Gesundheit und das Leben der Menschen leicht beurtheilen.

§. 961. Der Kohlenstoff besitzt in der Temperatur des Glühens eine nähere Verwandtschaft zum Sauerstoffe, als andere einfache verbrennliche Substanzen dagegen haben, und er entzieht sie ihnen alsdann oder desoxidirt sie. So zersetzt er daher auch das Wasser, und wenn man in dem oben (§. 915.) angeführten Experimente sich statt des Eisens der Kohle bedient und die Wasserdämpfe im Glühen durch sie streichen läßt, so erhält man Wasserstoffgas und kohlensaures Gas. Die Kohle entzieht nämlich im Glühen dem Wasser seinen Sauerstoff, wird damit zur Kohlensäure, die sich als kohlensaures Gas entwickelt, der Wasserstoff nimmt dagegen den Brennstoff der Kohle auf, und geht als Wasserstoffgas über.

Schwefel. Schwefelsäure.

§. 962. Der **Schwefel** (Sulphur, *Soufre*) ist eine einfache, entzündliche, säuerbare Substanz, von einer gelben Farbe; unauflöslich im Wasser; geruchlos, außer wenn er gerieben oder erhitzt wird, von einem eigenthümlichen; aber schwachen, Geschmacke.

§. 963. Der Schwefel wird in der Wärme erst weich, ehe er schmilzt, und dieses Schmelzen geschieht bey 224° Fahrenh. Bey dieser Hitze und etwas darüber fängt er an, zu Dämpfen aufgelös't zu werden, an denen man im Dunkeln schon ein leuchten wahrnimmt. Wenn der geschmolzene Schwefel in nicht zu kleinen Massen ruhig erkaltet, so krystallisirt er sich leicht in zarten Nadeln. Der natürliche kommt gewöhnlich in octaedrischen Krystallen, doch mit verschiedenen Abänderungen, krystallisirt vor.

§. 964. Im Anfange des Schmelzens ist der Schwefel sehr flüssig; er wird aber bey weiterm Erhitzen zäher und rothbraun von Farbe, in welchem Zustande er schon einen Antheil Sauerstoff aufgenommen hat und damit in den Anfang einer Säurewerdung tritt (*Oxide de soufre*). Wenn man ihn jetzt ins Wasser gießt, so bleibt er weich, wie Wachs, und nimmt leicht allerley Eindrücke an. Mit der Zeit erhärtet er und erhält seine vorige Farbe und Consistenz wieder.

§. 965. Wenn man von dem geschmolzenen Schwefel zur Verhütung der Entzündung den Zugang

gang der freyen Luft abhält, so steigt er als Dampf in die Höhe und legt sich bey der Sublimation als kleine zarte Nadeln an, welche man **Schwefelblumen, Schwefelblüthen** (Flores sulphuris) nennt.

§. 966. Erhitzt man den geschmolzenen Schwefel beym Zutritte der Luft stärker, so entzündet er sich und brennt, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, mit Flamme und einem sauern und erstickenden Dunste. Der Schwefel wird bey diesem Verbrennen zu einer Säure. Ist die Hitze, wobey der Schwefel verbrennt, nur schwach, so ist die Flamme des Schwefels blau, und die Säure, die sich erzeugt, ist unvollkommen (§. 872.), sehr flüchtig und gasförmig; ist aber die Hitze stärker, so wird die Flamme des Schwefels weißer und lebhafter, und nun bildet sich vollkommene Schwefelsäure in Dunstgestalt.

§. 967. Man nehme Schwefelfäden, lege sie in eine blecherne Kapsel, die in einer Schaale auf Wasser schwimmt, zünde sie an, und stürze nun eine Glocke mit Sauerstoffgas gefüllt darüber. Es verbrennt nur ein Antheil Schwefel, das Sauerstoffgas wird zersetzt, und es steigt das Wasser in der Glocke empor. Es wird hierbey nicht alles Sauerstoffgas verzehrt, wenn es auch ganz rein ist, weil der Schwefel früher verlischt, vermöge des Dunstes von der Säure und dem schwefligtsauren Gas, das sich bildet. Das in die Glocke aufgestiegene Wasser ist nun sauer und röthet die Lackmustinctur sogleich. Es enthält freylich nicht bloß vollkommene, sondern auch unvoll-

kommene Schwefelsäure (§. 966.), die sich aber mit der Zeit an der Luft in die erstere verwandelt.

§. 968. Nach Herrn **Berthollet** nehmen 69 Theile Schwefel beym Verbrennen 31 Theile Sauerstoff auf, und bilden damit 100 Theile wasserfreye Schwefelsäure; indessen ist diese Bestimmung noch nicht ganz genau genug.

Lavoisier traité élément. S. 66. 72. 240. Berthollet über die Schwefelsäure; in Crells chem. Annalen. 1789. B. I. S. 330. ff. Ebendesselben Fortsetzung der Versuche über die Schwefelsäure; ebendaselbst 1790. B. I. S. 457. ff.

§. 969. Die **Schwefelsäure** (Acidum sulphuricum, *Acide sulfurique*), die man sonst auch **Vitriolsäure** (Acidum vitrioli, vitriolicum) nennt, ist also das gesättigte Product aus der Verbindung des seines Brennstoffes beraubten Schwefels mit dem Sauerstoffe. Man gewinnt sie im Großen ebenfalls durchs Verbrennen des Schwefels. Die concentrirte Schwefelsäure führt im Handel auch den Namen des **Vitriolöhls** (Oleum vitrioli). Man bereitet diese concentrirte Schwefelsäure auch durch Destillation aus dem **grünen Vitriole**, der die Verbindung derselben mit Eisen ist, nachdem man ihn durch Brennen bis zur rothen Farbe von seinem vielen Krystallenwasser (§. 859.) befreyet hat.

§. 970. Das Vitriolöhl ist eine sehr starke Säure; es brennt und äzt in die Haut ein. Im reinen Zustande ist es farbenlos und geruchlos; es wird aber durch leicht verbrennliche Dinge des Thier- und Pflanzenreichs mehr oder weniger braun und schwefligt riechend, wie das verkäufliche gewöhnlich ist. Sein eigen-

genthümliches Gewicht geht von 1,800 bis 2,000. Es ist ziemlich feuerbeständig und erfordert zum Sieden eine starke Hitze. Eben deshalb läßt sich schwächeres Vitriolöhl durch Abdunsten des Wässerigen stärker machen. Das stärkste Vitriolöhl enthält indessen immer noch Wasser. Mit Wasser vermischt, erhitzt es sich sehr stark.

§. 971. Die Schwefelsäure liefert mit den Alkalien und alkalischen Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelsalze. Wir merken hier das **schwefelsaure Gewächsalkali (vitriolisirter Weinstein)**, das **schwefelsaure Mineralalkali (Glaubersalz)**, die **schwefelsaure Kalkerde (Gyps** oder **Selenit)**, die **schwefelsaure Schwererde (Schwerspath)**, die **schwefelsaure Talkerde (Bittersalz)** und die **schwefelsaure Thonerde (Alaun)**.

§. 972. Der Schwefel ist eines verschiedenen Grades der Säurung (*Oxygénation*) fähig (§. 872.). In der Schwefelsäure ist er mit Sauerstoff gesättigt oder fast gesättigt, und sie wird daher als vollkommene Säure angesehen; bey einem mindern Gehalte an Sauerstoff liefert der Schwefel eine Säure von anderer Natur und andern Eigenschaften, die als unvollkommene Schwefelsäure anzusehen ist, und die ich **schwefligte Säure** (Acidum sulphurosum, *Acide sulfureux*) *) nenne.

*) Synonyma: phlogistisirte Vitriolsäure (Acidum vitrioli phlogisticatum), flüchtige Schwefelsäure (Acidum sulphuris volatile), flüchtige Vitriolsäure (Acidum vitrioli volatile).

§. 973. Man erhält diese schwefligte Säure beym schwachen Verbrennen des Schwefels, wobey

er mit einer blauen Flamme verbrennt. Die Säure, die sich hierbey bildet, ist weit schwächer an Acidität und sehr flüchtig, wie schon der erstickende Geruch zeigt, der sich bey diesem Verbrennen äußert, so daß sie bey dem Ausschlusse der Feuchtigkeit sogar in Gasform erscheint.

§. 974. Man gewinnt diese schwefligte Säure auch, wenn man zu der Schwefelsäure einen Körper setzt, der durch seine Anziehung zum Sauerstoffe dem Schwefel einen Antheil davon entzieht. Bringt man etwas Baumöhl mit dem Vitriolöhle zusammen, so erzeugt sich sogleich schwefligte Säure, und es verbreitet sich ein Geruch, wie vom brennenden Schwefel. Eben dies geschieht, wenn man eine glühende Kohle in Vitriolöhl ablöscht. In beyden Fällen entzieht der Kohlenstoff der Schwefelsäure einen Antheil Sauerstoff, wobey sich dann zugleich kohlensaures Gas erzeugt.

§. 975. Am reinsten erhält man die schwefligte Säure durch Auflösen verschiedener Metalle im Vitriolöhle vermittelst der Siedhitze. Man schütte zu dem Ende gleiche Theile Quecksilber und Vitriolöhl in eine gläserne Retorte, die mit der pneumatischen Quecksilberwanne in Verbindung ist, und erhitze das Gemenge im Sandbade bis zum Sieden. Das Quecksilber entzieht in dieser Hitze der Schwefelsäure von ihrem Sauerstoffe und wird dadurch verkalkt; die Schwefelsäure hingegen verwandelt sich in schwefligte Säure und geht in Gasform in die Vorlagen über.

§. 976. Dieses Gas heißt schwefligtsaures Gas (Gas sulphurosum, *Gaz acide sulfureux*). *) Es ist

ist specifisch schwerer, als atmosphärische Luft (s. oben S. 253.). Es hat einen erstickenden Geruch und schwach-säuerlichen Geschmack, ist irrespirabel, und unfähig, das Verbrennen zu unterhalten. Es läßt sich nicht vom Wasser sperren, sondern dies saugt es ein, oder eigentlicher, es zersetzt es, und entzieht die schwefligte Säure dem Wärmestoffe.

*) Synonyma: vitriolsaure Luft (Aër acidus vitriolicus), Schwefelluft, Schwefelgas (Aër sulphureus, Gas sulphureum).

§. 977. Das Wasser, welches die schwefligte Säure aufgelös't hat, ist nun als liquide schwefligte Säure anzusehen. Es besitzt den schwefligten Geruch und einen säuerlichen Geschmack. Es röthet zwar den Violensyrup, zerstört aber doch seine Farbe endlich ganz. Die Tinctur der Rosenblätter und mehrere Pigmente verlieren dadurch ihre Farbe gänzlich. Hierauf gründet sich auch das Schwefeln der Seide, um sie weiß zu machen.

§. 978. An der Luft nimmt die schwefligte Säure nach und nach wieder mehr Sauerstoff aus der Lebensluft an, verliert so ihre charakteristischen Merkmale und wird wieder zur Schwefelsäure.

§. 979. Wasser und Schwefel haben keine wechselseitige Wirkung auf einander, und es scheint nicht, daß der Schwefel für sich, auch in höhern Temperaturen, das Wasser zerlegen könne. Der Sauerstoff ist also dem Wasserstoffe näher verwandt, als dem Schwefel.

§. 980. Stickstoff und Kohlenstoff haben auch keine bemerkbare Verwandtschaft zum Schwefel; der Wasserstoff aber kann damit Vereinigung eingehen, wie wir gleich weiter anführen werden.

§. 981. Ein vorzügliches Auflösungsmittel für den Schwefel sind die Alkalien, so wohl auf nassem, als auf trocknem Wege. Wenn man gleiche Theile ätzendes Gewächsalkali oder Mineralalkali und Schwefel in einem bedeckten Tiegel bey mäßigem Feuer schmelzt, so erhält man ein Gemisch, das nach dem Erkalten eine leberbraune Farbe hat, und so lange es trocken bleibt, geruchlos ist, beym Anfeuchten aber sogleich einen Geruch wie nach faulen Eyern entwickelt, an der Luft zerfließt, und sich völlig im Wasser mit goldgelber Farbe auflös't. Diese Verbindung heißt **Schwefelleber** (Hepar sulphuris). Ich nenne sie in der methodischen Nomenclatur **Schwefelalkali** (Alcali sulphuratum, *Sulfure d'alcali*).

§. 982. Wenn man zur Auflösung des Schwefelalkali in Wasser eine Säure schüttet, so wird wegen der nähern Verwandtschaft des Alkali zur Säure der Schwefel geschieden, und zwar in Gestalt eines zarten weißen Pulvers, das man **Schwefelmilch** (Lac sulphuris, Magisterium sulphuris) nennt. Beym Zusatze der Säure zum Schwefelalkali wird der übele Geruch, den die Auflösung des letztern schon hat, noch viel unerträglicher und stärker. Wendet man trockenes Schwefelalkali an, so entsteht ein Aufbrausen, das bey der Vermischung der Säure mit der

wässe-

wässerigen Auflösung des reinen Schwefelalkali in der Kälte nicht wahrzunehmen ist. Jener Geruch rührt von der Entwickelung und Verbreitung eines eigenen Gas her, das eine nähere Betrachtung verdient.

§. 983. Man nehme frisch bereitetes, gepulvertes Schwefelalkali, schütte es in eine gläserne Tubulatretorte, die im erwärmten Sandbade liegt, und deren Hals mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist; man gieße darauf verdünnte Schwefelsäure, und bringe alles nach und nach zum Kochen. Bedient man sich hierbey der mit Wasser gefüllten Wanne, so ist es gut, wenn das Wasser darin warm ist.

§. 984. Dieses so erhaltene Gas heißt **schwefelhaltiges Wasserstoffgas** (Gas hydrogenium sulphuratum, *Gaz hydrogène sulfuré*). *) Es unterscheidet sich durch einen sehr unangenehmen Geruch, ist irrespirabel, löscht ein hineingebrachtes Licht aus, ist aber selbst entzündlich, und brennt in Vermischung oder Berührung des Sauerstoffgas nach der Entzündung; auch durch den electrischen Funken läßt es sich anzünden, wenn es mit Sauerstoffgas vermischt ist. Wenn man das Gas mit Lebensluft zusammen in einem Glase genau verschließt und stehen läßt, so findet man nach einiger Zeit das schwefelhaltige Wasserstoffgas zersetzt, und einen dünnen Ueberzug von Schwefel an den Wänden des Gefäßes.

*) Synonyma: Hepatisches Gas, Schwefelleberluft (Gas hepaticum, Aër hepaticus).

§. 985. Kaltes Wasser saugt das schwefelhaltige Wasserstoffgas nach und nach ein und erlangt davon den Geruch und Geschmack des letztern. Das damit gesättigte Wasser kommt mit den so genannten **Schwefelwassern** oder **Schwefelbädern** (Thermae hepaticae) überein, dergleichen das Aachner ist, und man kann vermittelst der Parkerschen Glasgeräthschaft (§. 611.) diese Wasser künstlich nachahmen. An der Luft werden diese Wasser trübe, und es scheidet sich Schwefel daraus ab; sie machen den Veilchensaft grünlich; sie trüben das Kalkwasser nicht, außer wenn sie zugleich Kohlensäure enthalten; sie verlieren durchs Kochen ihren Geruch und Geschmack und ihren Schwefelgehalt.

§. 986. Die Basis des jetzt beschriebenen Gas ist brennbarhaltiger Wasserstoff und Schwefel. Durch die Verbindung des Schwefels mit Alkalien und alkalischen Erden erhält nämlich derselbe das Vermögen, das Wasser durch Anziehung des Sauerstoffes zu zersetzen, was er für sich allein nicht vermag (§. 979.). So wie also Schwefelalkali mit dem Wasser in Berührung kommt, so entzieht es ihm Sauerstoff, der mit einem Theile des Schwefels zur Schwefelsäure wird, die mit der alkalischen Substanz in Verbindung geht, während der Brennstoff dieses zur Schwefelsäure werdenden Schwefels an den Wasserstoff tritt. Dieser frey werdende Wasserstoff des Wassers nimmt einen Antheil Schwefel auf, und bildet damit die Basis unseres Gas, die aber von dem frey gewordenen Antheile des Alkali zurückgehalten und erst beym

Zusatze

Zusatze einer Säure und durch Hülfe der Wärme daraus frey wird und als Gas entweicht. Wenn auf das trockene Schwefelalkali eine verdünnte Säure gegossen wird, so ist es nur das Wasser der Säure, was unser Gas bilden hilft, und die Säure trägt weiter nichts bey, als daß sie die Basis des Gas vom Alkali, wovon sie aufgelös't wird, entbindet. — Die Zersetzung des schwefelhaltigen Wasserstoffgas durch Sauerstoffgas läßt sich daraus erklären, daß der Wasserstoff und der Sauerstoff sich dabey anziehen und Wasser bilden, wobey der Schwefel niedergeschlagen wird. Eben dies ist der Grund, warum das Wasser, welches schwefelhaltiges Wasserstoffgas aufgelös't enthält, an der freyen Luft Schwefel fallen läßt.

§. 987. Das im Wasser aufgelös'te Schwefelalkali erfährt beym Zutritte der freyen Luft eine gänzliche Zersetzung; die vorher klare Auflösung wird trübe, es schlägt sich Schwefel nieder, und die übrige Lauge enthält endlich noch bloß schwefelsaures Alkali mit mehr oder weniger kohlensaurem verbunden. Auch das trockene Schwefelalkali verwittert an der freyen Luft und verliert alle seine eigenthümlichen Eigenschaften, so daß endlich bloß schwefelsaures Alkali mit mehr oder weniger kohlensaurem Alkali und Schwefel vermengt, übrig bleibt.

§. 988. Läßt man Schwefelalkali in einer Schaale unter einer mit Sauerstoffgas gefüllten und mit Wasser gesperrten Glasglocke stehen, so findet man,

daß

daß das Sauerstoffgas nach und nach verschwindet, während das Schwefelalkali die vorhin angezeigten Veränderungen erfährt. Eben wegen dieser Wirkung des Schwefelalkali auf die Lebensluft bediente sich Scheele derselben auch als eudiometrisches Mittel (§. 850.). Hr. Guyton (Morveau) hat neuerlich die Anwendung des Schwefelalkali dazu von neuem empfohlen und die Verfahrungsart dabey vortheilhaft abgeändert.

Beschreibung eines neuen Eudiometers; von Guyton (Morveau); in Grens neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 138. ff.

§. 989. Der Grund der wechselseitigen Einwirkung des Schwefelalkali und des Sauerstoffgas liegt in der Anziehung des Schwefels zum Sauerstoffe, und des Wasserstoffes zu eben demselben, und es ist hieraus leicht zu erklären, warum das Schwefelalkali mit der Zeit zum schwefelsauren Alkali werden kann. Ein anderer Grund von der Zerstörung der Schwefelleber in der atmosphärischen Luft ist in der Kohlensäure zu suchen, die sich in letzterer findet, vom Alkali nach und nach angezogen wird, und es kohlensauer macht, wodurch es nun unfähig wird, den Schwefel aufgelös't zu erhalten, der sich also niederschlagen muß.

§. 990. Die Verwandlung der Schwefelsäure in schweflige Säure durch die oben (§. 974. f.) angegebenen Mittel ist schon eine Zersetzung derselben, aber nur eine unvollkommene. Soll derselben aller Sauerstoff entzogen und folglich der Schwefel daraus wieder dargestellt werden, so ist erforderlich, daß der Kohlenstoff, durch dessen stärkere Anziehung zum

Sauer-

Sauerstoffe diese Zerlegung vorzüglich bewerkstelligt werden kann, in der Temperatur der Glühehitze darauf wirken könne, und daß folglich die Schwefelsäure so fixirt sey, um diesen Grad der Hitze ertragen zu können. Das letztere ist der Fall, wenn sie an ein feuerbeständiges Alkali oder an eine Erde gebunden ist.

§. 991. Wenn man demnach gleiche Theile feuerbeständiges Alkali und schwefelsaures Gewächsalkali mit dem vierten Theile des Gewichts des Ganzen Kohlenstaub innigst vermengt, und in einem bedeckten Schmelztiegel schmelzen läßt; so erhält man wirklich Schwefelalkali, aus dem man nach dem Auflösen im Wasser und Durchseihen den Schwefel durch eine Säure fällen kann.

§. 992. In diesem Prozesse nimmt die Kohle bey der Temperatur des Glühens, kraft ihrer stärkern Verwandtschaft, den Sauerstoff der Schwefelsäure in sich, und entweicht als kohlensaures Gas, während ihr Brennstoff wieder zum Schwefel geht; der wiederhergestellte Schwefel geht mit dem Alkali in Verbindung, wodurch er nachher durch eine Säure wieder geschieden werden kann.

§. 993. Auf diesen Uebergang der Schwefelsäure in Schwefel durch glühende Kohle gründet sich auch die Entstehung des **bononischen Leuchtsteins** (Phosphorus bononiensis) aus Schwerspath, an welchem **Vincenzo Casciarolo** die leuchtende Eigenschaft zuerst beobachtete. Man macht Schwerspath in einem Schmelztiegel erst rothglühend, reibt ihn dann

dann in einem steinernen oder gläsernen Mörser zu einem feinen Pulver, vermengt dies mit etwas Traganthschleim, bildet daraus dünne Scheiben und allerley Figuren, die man trocknet, und dann zwischen Kohlen in einem gut ziehenden Windofen stark glühet und sie nach verzehrten Kohlen herausnimmt. Sie leuchten im Dunkeln, wenn man sie vorher eine Zeit lang am Tageslichte liegen läßt. Ihre leuchtende Kraft verliert sich mit der Zeit. Beym Befeuchten mit Wasser äußern sie einen Geruch nach schwefelhaltigem Wasserstoffgas. — Es ist mir höchst wahrscheinlich, daß dieses leuchten ein schwaches Verbrennen des Schwefels sey, der in diesem Prozesse aus der Schwefelsäure gebildet wird und mit der Schwererde in Vereinigung ist, in welcher Vereinigung er weit geneigter ist, als für sich allein das Sauerstoffgas zu zersetzen. Die Entwickelung des Wärmestoffes ist hierbey für die einzelnen Augenblicke der Beobachtung zu unbeträchtlich, als daß sie wahrgenommen werden könnte.

§. 994. Eine gleiche Bewandtniß hat es auch mit **Cantons Lichtmagnet** oder **Phosphorus**, den man am sichersten so verfertigt, daß man gleiche Theile Austerschaalen und Schwefel aufs innigste und feinste vermengt, und in einem bedeckten Schmelztiegel einige Stunden lang in der Weißglühehitze erhält. Die zusammengebackene weiße Masse zerbricht man in kleine Stücke und schüttet sie in eine trockene Glasröhre, die man gut verstopft. Man findet die Masse im Dunkeln leuchtend, wenn man sie vorher dem Tageslichte eine kurze Zeit ausgesetzt hat.

§. 995.

§. 995. Endlich gehört hierher noch **Hombergs Pyrophor** oder **Luftzunder**, der sich an der freyen Luft, zumal wenn diese feucht ist, von selbst entzündet und mit einem Schwefelgeruche abbrennt. Man nimmt fünf Theile gebrannten Alaun und einen Theil feines Kohlenpulver, vermengt es aufs genaueste, schüttet es in eine kleine irdene Flasche mit einer engen Mündung, so daß sie etwa bis zu zwey Drittel angefüllt wird, umschüttet sie bis an den Hals in einem Tiegel mit Sande und stellt diesen ins Feuer. Man erhitzt alles stufenweise bis zum Glühen der Flasche. Es bildet sich nun Schwefel, der sich sublimirt und an der Mündung der Flasche mit einer blauen Flamme brennt. Wenn man die Flamme an der Mündung nicht weiter wahrnimmt, so ist der Pyrophor fertig. Man verstopft die Flasche erst mit einem gut passenden Thonstöpsel, nimmt den Tiegel aus dem Feuer, und wenn die Flasche mehr erkaltet ist, verschließt man sie mit einem Korkstöpsel recht fest.

§. 996. Wenn man von dem gut gerathenen Pyrophorus etwas auf Papier schüttet, so erhitzt er sich, zumal beym Anhauchen, und fängt dann ganz von selbst Feuer. Er verbrennt unter einem starken schwefligten Geruche. In nicht gut verwahrten Gefäßen verliert er seine Selbstentzündlichkeit mit der Zeit.

§. 997. Es ist durch Versuche ausgemacht, daß der Alaun nur in so fern Pyrophorus gebe, als er Gewächsalkali enthält, und daß die Thonerde nichts

dazu beytrage. In der Glühehitze zersetzt nun die Kohle die Schwefelsäure des Alauns und wird zum kohlensauren Gas, welches austritt; die Schwefelsäure wird zum Schwefel, der sich verflüchtigt und verbrennt. Das Gewächsalkali, das bey allem verkäuflichen Alaun ist, fixirt indessen einen Antheil Schwefel und hält ihn zurück, zumal da die Calcinationshitze nicht bis zum gänzlichen Verfliegen alles Schwefels hinreicht; ferner bleibt die überflüssig zugesetzte Kohle ebenfalls übrig. Die Theile des Pyrophors sind demnach höchst trockenes, ätzendes Gewächsalkali, Schwefel, Kohle und Thonerde. An der feuchten Luft zieht das erstere schnell Feuchtigkeit an, erhitzt sich damit, und diese Hitze ist hinreichend, den Schwefel zur Entzündung zu bringen, da er ohne dies bey seiner Verbindung mit alkalischen Substanzen zur Zersetzung des Sauerstoffgas weit mehr geneigt ist; diese Entzündung des Schwefels im Pyrophor pflanzt sich zu den damit vermengten Kohlentheilen fort.

Stickstoff und dessen Verbindung mit Sauerstoff.

§. 998. Die ponderabele Basis des **Stickgas**, dessen wir schon in dem Vorhergehenden (§. 829.), als Rückstand der atmosphärischen Luft, deren Sauerstoffgas durchs Verbrennen einer verbrennlichen Substanz zersetzt worden ist, erwähnt haben, heißt **Stickstoff** (Azotum, *Azote*). *) Er ist für sich nicht darstellbar, und bis jetzt unzerlegt. Bey der Tempe-

ratur

ratur und dem Drucke der Luft, wobey wir leben, erscheint er in Verbindung mit dem Wärmestoffe gasförmig, als Stickgas.

*) Synonyma: Salpeterstoff, Salpetersäurestoff.

§. 999. Das **Stickgas** selbst unterscheidet sich von andern Gasarten sehr charakteristisch. Es dient weder zur Respiration für Thiere, noch zur Unterhaltung des Verbrennens. Es ist unentzündlich; geruch- und geschmacklos; wird weder vom Wasser noch von alkalischen Flüssigkeiten eingesogen; und ist etwas weniges specifisch leichter, als atmosphärische Luft (S. 253.). In der Atmosphäre macht es bey weitem den größesten Antheil aus. Es findet sich auch in der Schwimmblase der Fische.

§. 1000. Der Stickstoff macht einen Grundstoff sehr vieler Körper des Pflanzenreichs, und besonders des Thierreichs aus. Mit dem brennbarhaltigen Wasserstoffe bildet er zusammen das Ammoniak (§. 885.), das nach **Berthollet** aus beynahe 0,4 Theilen Stickstoff und 0,1 Theile Wasserstoff zusammengesetzt ist. Das bey der trockenen Destillation und bey der Fäulniß thierischer und vegetabilischer Dinge zum Vorscheine kommende Ammoniak ist erst ein Product aus diesen genannten Grundstoffen. Beym Verbrennen des Ammoniakgas mit Sauerstoffgas (§. 885.) erhält man daher auch Wasser und Stickgas.

§. 1001. Der Stickstoff ist eine säuerbare Substanz; er ist der Verbindung mit Sauerstoff fähig und liefert damit nach den verschiedenen Graden der

Aufnahme des Sauerstoffes verschiedene Producte. Die gesättigte Verbindung des Stickstoffes mit dem Sauerstoffe giebt die **Salpetersäure**; die minder gesättigte constituirt die unvollkommene Salpetersäure, die ich salpetrigte **Säure** nenne; ein noch minderer Grad der Oxidirung macht die Basis des **Salpetergas**, und der mindeste die Basis des **sauerstoffhaltigen Stickgas.**

Lavoisier traité élém. T. I. S. 78. ff.

§. 1002. Die **Salpetersäure** (Acidum nitricum, *Ac. nitrique*) macht einen Bestandtheil des **Salpeters** aus, worin sie mit dem Gewächsalkali zum Neutralsalze verbunden ist, und man kann sie vermittelst der Schwefelsäure, die eine nähere Verwandtschaft zum Gewächsalkali hat, daraus austreiben. Wenn man nämlich Vitriolöhl auf Salpeter gießt, so entsteht ein Aufbrausen und Erhitzung, und es wird sogleich eine Menge eines rothgelben scharfen Rauchs entbunden, der sich durch Destillation zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichten läßt. Die hierbey gesammelte Säure heißt auch **rauchender Salpetergeist** (Spiritus nitri fumans *Glauberi*). Ihr eigenthümliches Gewicht ist bis 1,583; sie stößt bey Berührung der Luft röthlichgelbe Nebel aus, womit auch der übrige Raum in den Standflaschen, worin man sie aufbewahrt, erfüllt ist. Sie zieht Feuchtigkeit stark an; erhitzt sich bey der Vermischung mit Wasser, wobey die Entwickelung der röthlichen Nebel noch weit häufiger wird. Bey dieser Verdünnung mit Wasser wird

sie

sie erst grün, bey noch mehrerm zugesetzten Wasser blau, und zuletzt verschwindet alle Farbe.

§. 1003. Die gelbe oder röthliche Farbe, und die Eigenschaft, röthlichgelbe Nebel auszustoßen, kommen der vollkommenen Salpetersäure, als solcher, nicht zu, sondern setzt schon eine Modification derselben voraus und rührt von minder vollkommener Salpetersäure her. Wenn man daher die rauchende Salpetersäure aus einer gläsernen Retorte im Sandbade bey ganz gelindem Feuer nochmals destillirt, so erhebt sich der rauchende Theil zuerst, und der Rückstand verliert endlich alle seine Farbe und seine rauchende Beschaffenheit. Eben so wird diese flüchtigere rauchende Säure bey der Vermischung mit Wasser von der übrigen vollkommenen Säure geschieden, und die farbenlose verdünnte Säure ist nun als die reine vollkommene Salpetersäure anzusehen. Die verdünnte Salpetersäure heißt auch Scheidewasser (Aqua fortis).

§. 1004. Die Salpetersäure unterscheidet sich von der Schwefelsäure durch einen eigenen Geruch, durch ihre Flüchtigkeit, durch ihre große Schärfe gegen organische Theile. Sie färbt Haut, Haare, Seide, u. dergl., dauerhaft gelb. Die mit der vollkommenen Salpetersäure hervorgebrachten Neutral- und Mittelsalze zeigen am besten ihren Unterschied von andern Säuren. Ich nenne von diesen nur das salpetersaure Gewächsalkali (gemeiner Salpeter) und die salpetersaure Kalkerde (Mauersalpeter).

§. 1005. In der Natur erzeugt sich die Salpetersäure bey der Verwesung organischer, besonders thierischer Substanzen, aus dem Stickstoffe derselben und dem Sauerstoffe, und die erzeugte Salpetersäure tritt mit der Kalkerde der Dammerde, worin die Verwesung geschieht, zusammen, und bildet so den Mauersalpeter (§. 1004.).

§. 1006. Der rauchende, röthlich gefärbte, Antheil, der sich aus dem rauchenden Salpetergeiste durch Erhitzung absondern läßt (§. 1003.), sich nur schwer zur liquiden Flüssigkeit verdichtet, sehr flüchtig ist, schon in der gewöhnlichen Temperatur röthlichen Dampf und Nebel bildet, und nicht die Acidität hat, als die vollkommene Salpetersäure, ist als unvollkommene Salpetersäure anzusehen, die ich **salpetrigte Säure** (Acidum nitrosum, *Acide nitreux*) nenne (§. 1001.). Sie ist in desto größerer Menge im rauchenden Salpetergeiste enthalten, je rauchender das Vitriolöhl war, dessen man sich zur Austreibung desselben bediente.

§. 1007. Daß in der salpetrigten Säure die säurefähige Grundlage mit weniger Sauerstoff verbunden sey, als in der Salpetersäure, erhellet aus mehrern Erfahrungen. Wenn man nämlich Salpeter in einer gläsernen beschlagenen Retorte, die mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist, glühen läßt, so geht eine große Menge Sauerstoffgas über, und zuletzt entwickeln sich auch Dämpfe von salpetrigter Säure, wenn die Retorte dem Schmelzen gehörig wider=

widersteht. Die zurückbleibende Salzmasse schmeckt alkalisch, läßt aber beym Aufgießen, selbst von schwächern Säuren, wie von Essigsäure, die sonst die Salpetersäure nicht austreiben, rothe Dämpfe fahren und giebt salpetrigte Säure. Offenbar wird hier der vollkommenen Salpetersäure durch das Feuer ein Antheil Sauerstoff entzogen, der damit als Sauerstoffgas austritt, und die säurefähige Grundlage der Salpetersäure bleibt, mit weniger Sauerstoff und mit aufgenommener Basis des Lichts oder Brennstoff verbunden, als salpetrigte Säure beym Alkali zurück, bis auch durch die anhaltende Hitze ein größerer oder geringerer Antheil derselben ausgetrieben wird. Wenn vollkommene Salpetersäure durch eine glühende gläserne Röhre getrieben wird, so liefert sie auch Sauerstoffgas und salpetrigte Säure. Endlich, wenn man ungefärbte, concentrirte Salpetersäure in einer recht durchsichtigen Retorte, die in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft ist, den Sonnenstrahlen aussetzt, so entwickelt sich Sauerstoffgas und die rückständige Salpetersäure wird wieder gefärbt. — Dunkle Wärme, ohne Licht, bewirkt diese Veränderungen nicht.

§. 1008. Alle Körper des Thier- und Gewächsreichs zersetzen die Salpetersäure und entziehen ihr durch ihren Kohlenstoff den größesten Antheil Sauerstoff, so daß sie dadurch nun von anderer Natur und anderm Verhalten erscheint. Ein gleiches thun auch sehr viele Metalle, wie z. B. Kupfer, Quecksilber, Eisen. Wird Salpetersäure darauf geschüttet, so

entsteht

entsteht Erhitzung und Entwickelung von Luftblasen, die bey Berührung der atmosphärischen Luft sogleich einen gelbrothen Nebel geben. Um die hierbey Statt findenden Veränderungen besser beurtheilen zu können, wählen wir den folgenden Versuch.

§. 1009. Man fülle eine kleine Entbindungsflasche ganz mit Kupfer- oder Messingdraht an, gieße verdünnte Salpetersäure, die aus einem Theile concentrirter Salpetersäure und drey Theilen Wasser gemacht ist, hinein, so daß keine atmosphärische Luft im Glase zurückbleibt, und verbinde die Flasche gehörig mit der pneumatischen Geräthschaft. Das Metall löst sich unter Aufbrausen in der Säure auf, und es tritt eine große Menge von Luft durch die Seitenröhre der Flasche aus, die man auffängt, nachdem man die ersten Portionen hat weggehen lassen.

§. 1010. Die erhaltene Luftart heißt **Salpetergas** (Gas nitrosum, *Gaz nitreux*). Es ist farbenlos, hat keine Spur einer Säure an sich, und röthet an sich die Lackmustinctur nicht, lös't sich nicht in Wasser auf, trübt das Kalkwasser nicht, ist höchst irrespirabel, und verlöscht ein hineingebrachtes Licht. Es verliert sogleich seine Gasform, wenn es die atmosphärische Luft berührt, und verwandelt sich in röthlichgelbe saure Nebel, wie sie rauchender Salpetergeist ausstößt, und in Salpetersäure, die vom Wasser nach und nach eingesogen wird.

§. 1011. Wenn man unter einen Glascylinder, der das Salpetergas mit Wasser gesperrt enthält,

atmo-

atmosphärische Luft treten läßt, so entstehen sogleich röthlichgelbe Nebel unter Erwärmung und eine Verminderung des Volums beyder Luftarten; das Wasser steigt in dem Cylinder höher und wird nun zur verdünnten Salpetersäure. Wenn man beyde Luftarten solcher Gestalt in gehörigem Verhältnisse vermischt hat, so bleibt endlich bloß noch das Stickgas der atmosphärischen Luft übrig. Man braucht gewöhnlich 16 Maaße atmosphärische Luft, um $7\frac{1}{3}$ M. Salpetergas völlig zu zerstören.

§. 1012. Wenn man statt der atmosphärischen Luft im vorigen Versuche (§. 1011.) reines Sauerstoffgas anwendet, so ist die Röthung und Erhitzung weit beträchtlicher; und wenn beyde Luftarten völlig rein waren, so erfolgt, bey der Vermischung derselben im gehörigen Verhältnisse, ein gänzliches Verschwinden derselben. Indessen sind das Salpetergas und das Sauerstoffgas schwerlich ganz von allem Stickgas rein zu erhalten, welches dann übrig bleibt. Man braucht etwa 4 M. Lebensluft zu $7\frac{1}{3}$ M. Salpetergas.

§. 1013. Die rothen Nebel, die in beyden Erfahrungen (§. 1012.) entstehen, sind salpetrigte Säure, die nach und nach in Salpetersäure übergeht und vom Wasser eingesogen wird. Aus Sauerstoffgas und Salpetergas wird also Salpetersäure, und jene beyden Luftarten hören auf, zu seyn.

§. 1014. Es folgt aus allen diesen Erfahrungen, daß das Salpetergas die Grundlage der Salpeter=

petersäure enthalte, die durch Aufnahme des Sauerstoffes wieder zur Salpetersäure wird; und daß also das Metall bey der Auflösung in Salpetersäure (§. 1009.) einen Antheil dieser letztern zersetze, ihr Sauerstoff entziehe, dagegen Brennstoff abtrete, und sie dadurch in einen veränderten Zustand bringe, wobey sie in der Temperatur unserer Atmosphäre luftförmig erscheint, nicht mehr als Säure wirkt, und andere Eigenschaften zeigt. Bey Berührung des Salpetergas mit Sauerstoffgas ziehen sich aber die Grundlagen beyder Luftarten an und bilden unter Entlassung ihres Wärmestoffes wieder Salpetersäure.

§. 1015. Die Basis des Salpetergas enthält also außer Brennstoff das Radical der Salpetersäure; indessen werden die folgenden Erfahrungen zeigen, daß sie dasselbe noch nicht rein enthält, sondern noch selbst in Verbindung mit einem Antheile Sauerstoff, der aber nicht hinreichend ist, das Radical in den Zustand einer Säure zu bringen. Es wird also der Salpetersäure durch das Metall (§. 1009.) nicht aller, sondern nur der größte Theil des Sauerstoffes entzogen, und die Basis des Salpetergas besteht demnach aus Brennstoff, dem Radical der Salpetersäure und etwas Sauerstoff.

§. 1016. Die Bildung der Basis des Salpetergas ist aber noch nicht der erste Grad der Oxidirung des Radicals der Salpetersäure, sondern es giebt noch einen niedrigern. Wenn man nämlich Salpetergas über angefeuchtetem Eisenfeil oder angefeuchtetem

tetem Schwefelalkali stehen läßt, so erleidet es eine Verminderung seines Volums von etwa $\frac{1}{3}$ und erlangt ganz andere Eigenschaften, als es vorher besaß. Nämlich das nun noch rückständige Gas wird vom Wasser eingesogen; es wird durch Sauerstoffgas nicht zersetzt, und zersetzt dieses nicht; es bringt damit keinen rothen Nebel zuwege; es brennt eine Kerze darin mit vermehrtem Glanze, und ihr glimmendes Docht wird darin wieder von selbst zur flammenden Entzündung gebracht; brennender Phosphor, Schwefel und Kohle verlöschen aber, und Thiere ersticken darin. Vom Salpetergas selbst wird es nicht afficirt.

§. 1017. Man hat dieses Gas, welches **Priestley** schon unter dem Namen der **dephlogistisirten Salpeterluft** erwähnte, **gasförmige azotische Halbsäure** (*Oxide d'azote gazeux*) genannt. Ich nenne es **sauerstoffhaltiges Stickgas** (Gas azotosum). Bey seiner Entstehung (§. 1016.) wird der Basis des Salpetergas noch Sauerstoff entzogen, indessen doch noch nicht aller, den sie enthält, und dagegen noch mehr Brennstoff mitgetheilt; und es bildet nun das Radical der Salpetersäure, mit noch weniger Sauerstoff verbunden, die Basis einer andern vom Salpetergas verschiedenen Gasart. Sonst erhält man dieses Gas noch auf verschiedene andere Weise, wie z. B. dadurch, daß man salpetersaures Ammoniak mit etwa dreymal so viel Sand vermengt, aus einer kleinen Retorte in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft destillirt; gegen das Ende der Operation kommt aber viel Stickgas.

Jos.

Jos. Priestley's Vers. u. Beob. über versch. Gatt. der Luft. Th. I. S. 208. Th. III. S. 16. 22. 126. 128. 133. Ebendesselben Vers. u. Beob. über versch. Theile der Naturl. Th. I. S. 40 50 Th. II. S. 156. 165. 306. Ueber die Natur des von Hrn. Priestley so genannten dephlogistisirten Salpetergas oder der gasförmigen azotischen Halbsäure, von J. R. Deimann, Troostwyk, Nieuwland, Bondt und Lauwernburgh; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. I. S. 243. ff.

§. 1018. Das Radical der Salpetersäure ist also mehrerer Grade der Oxigenirung fähig (§. 1001.). Der erste oder niedrigste Grad ist die Basis des sauerstoffhaltigen Stickgas; der zweyte die Basis des Salpetergas; der dritte die salpetrigte Säure; und der vierte und letzte die Salpetersäure.

§. 1019. Das Stickgas hat keinen Einfluß auf das Salpetergas, und beyde Gasarten wirken nicht auf einander. Eben so wenig wirkt kohlensaures Gas, Wasserstoffgas, schwefligtsaures und Ammoniakgas darauf. Weil also die gewöhnlichen irrespirabeln Luftarten das Salpetergas nicht zersetzen, und es nur das Sauerstoffgas thut, und dieses dadurch auch selbst zersetzt wird; so hat man eben das Salpetergas als ein eudiometrisches Mittel zur Prüfung des Gehalts der atmosphärischen Luft an Lebensluft vorgeschlagen und angewendet (§. 850.). Indessen gewährt diese Prüfungsart doch keine stetigen und zuverlässigen Resultate, obgleich übrigens das Verfahren und die Werkzeuge dazu von **Fontana** und **Ingenhouß** gar sehr vervollkommnet worden sind.

§. 1020. Weder die Kohlen noch der Schwefel zersetzen in der Kälte die Salpetersäure, wohl aber in der Hitze und wenn die letztere recht concentrirt ist, obgleich

obgleich nur schwer und langsam. In Verbindung mit Wasserstoff zersetzt aber so wohl die Kohle als der Schwefel die Salpetersäure weit leichter: das erstere beweisen vegetabilische und thierische Stoffe, wie z. B. Zucker, Oehle, u. a. m., die schon in mäßiger Wärme die Salpetersäure in Salpetergas verwandeln; das letztere wird durch schwefelhaltiges Wasserstoffgas dargethan, welches von concentrirter Salpetersäure zersetzt wird und diese selbst zersetzt.

§. 1021. Die völlige Zersetzung der Salpetersäure und die Scheidung ihres Radicals kann durch Kohle in der Temperatur der Glühehitze bewirkt werden, indem die Kohle in dieser Hitze, wegen ihrer nähern Verwandtschaft zum Sauerstoffe, denselben der Salpetersäure ganz entzieht. Wenn aber die Salpetersäure zur Temperatur der Glühehitze gebracht werden soll, so muß sie fixirt seyn, wie sie es im Salpeter durch's Gewächsalkali ist.

§. 1022. Der Salpeter, der für sich allein in der Hitze ruhig fließt, bringt sogleich eine Entzündung mit einem Geräusche zuwege, wenn man ihn mit glühender Kohle in Berührung bringt, oder ihn in glühenden Fluß setzt und dann Kohle darauf trägt. Diese Entzündung und Zersetzung des Salpeters in der Hitze mit entzündlichen Dingen nennt man das **Verpuffen** (Detonatio) derselben.

§. 1023. Nicht bloß die Kohle, sondern auch der Schwefel, der Phosphor, die mehresten Metalle, und

und überhaupt alle entzündliche Körper bringen mit glühendem Salpeter Verpuffen hervor.

§. 1024. Das Verbrennen der entzündlichen Körper beym Verpuffen geschicht weit lebhafter und schneller und mit weit stärkerm Lichte, als sonst in atmosphärischer Luft, und ganz so als in reinem Sauerstoffgas. Der Salpeter wird dabey zerstört, und es bleibt nur das Gewächsalkali desselben übrig, das aber freylich durch die erzeugte neue Säure, zu welcher der verbrennliche Körper das Radical und die Salpetersäure den Sauerstoff hergaben, mehr oder weniger verändert seyn kann. Wenn man daher auf Salpeter, der in einem glühenden Tiegel im Feuer fließt, Kohlenpulver so lange aufträgt, bis kein Verpuffen mehr erfolgt, so bleibt das Gewächsalkali nur zum Theil kohlensauer übrig, weil durch das Glühen desselben selbst ein Antheil der gebildeten Kohlensäure wieder ausgetrieben wird. Wenn man sich bey diesem Versuche statt der Kohle des Schwefels bedient, so hat man ebenfalls eine lebhafte Verpuffung, und das rückständige Alkali ist schwefelsauer. Der Schwefel ist also auch in der Glühehitze dem Sauerstoffe näher verwandt, als das Radical der Salpetersäure.

§. 1025. Die Entzündung des **Schießpulvers** ist ebenfalls eine wahre Verpuffung des Salpeters vermittelst der dabey befindlichen Kohlen- und Schwefeltheile. Die Güte desselben hängt von der Reinigkeit der dazu erforderlichen Materialien, von der ge-

nauen

nauen und innigen Vermengung derselben, und dem gehörigen Verhältnisse derselben gegen einander ab. Dieses Verhältniß der Ingredienzien desselben ist freylich nach dem besondern Gebrauche, wozu das Pulver bestimmt ist, verschieden. Gewöhnlich besteht es aus 0,75 Salpeter, 0,16 Kohlen und 0,09 bis 0,10 Schwefel. Der Schwefel ist nöthig, damit das Pulver desto leichter Feuer fange.

§. 1026. Ein anderes hierher gehöriges merkwürdiges Gemenge ist das **Knallpulver** (Pulvis fulminans), welches das Besondere hat, daß es, ohne eingeschlossen zu seyn, auch schon in geringer Menge, bey einer allmähligen, bis zur Entzündung des Schwefels gehenden Erhitzung, in einem Löffel über glühenden Kohlen, mit einem heftigen Schlage, abbrennt. Man macht es aus drey Theilen Salpeter, zwey Theilen trockenen Weinsteinsalzes und einem Theile Schwefel, die man recht fein zusammenreibt.

§. 1027. Um nun beurtheilen zu können, was aus der beym Verpuffen des Salpeters zersetzten Salpetersäure wird, muß man dasselbe nothwendig in verschlossenen Gefäßen in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft unternehmen. Es dient dazu am besten ein Gemisch aus einem Theile Kohlenpulver und drey Theilen Salpeter. Den Zusatz von Schwefel muß man, wegen der sonst entstehenden Heftigkeit der Explosion, ganz vermeiden. Man bringt von dem mäßig angefeuchteten Gemenge in das genau geschlossene Ende eines Flintenlaufs, stampft

es

es fest, legt dieses Ende zwischen Kohlen, und den Flintenlauf stark geneigt mit seiner Mündung unter den Trichter der mit heißem Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats. So wie die Stelle, wo sich das zu verpuffende Gemenge endigt, glühend wird, hebt die Verpuffung an, und verbreitet sich nach und nach durch die ganze Masse mit heftiger und häufiger Entwickelung von Gas. Nach Endigung des Versuchs findet man den Salpeter im Flintenlaufe völlig zerstört, und an seiner Stelle kohlensaures Gewächsalkali mit mehr oder weniger unverbrannter Kohle; die übergegangene Luft besteht aus kohlensaurem Gas und Stickgas.

§. 1028. Da die Kohlensäure, die sich hierbey bildet, nicht anders erzeugt werden kann, als daß die Kohle der Salpetersäure den Sauerstoff entzieht; da ferner alle Salpetersäure hierbey verschwindet und auch das Sperrwasser beym Versuche nichts davon enthält; da ferner eine so große Menge von Stickgas hierbey zum Vorscheine kommt: so folgt, daß der **Stickstoff** das Radical der Salpetersäure oder ihr säurefähiges Substrat ausmache. Da sich die Quantität der bey diesem Prozesse erzeugten Kohlensäure und der dabey verzehrten Kohle bestimmen läßt, so kann man auch aus dem schon bekannten Verhältnisse des Kohlenstoffes zum Sauerstoffe in der Kohlensäure, und der Quantität des gesammelten Stickgas schließen, wie das Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoffe in der im Salpeter befindlichen, höchst concentrirten, Salpetersäure sey. Herr **Lavoisier** bestimm-

te

te die Zusammensetzung dieser Salpetersäure sehr nahe aus 0,205 Stickstoff und 0,795 Sauerstoff.

Lavoisier traité élémentaire, T. II. S. 524. ff.

§. 1029. Der Stickstoff ist also das säurefähige Substrat der Salpetersäure, und erscheint nach Maaßgabe des Verhältnisses des damit verbundenen Sauerstoffes in verschiedener Form und Natur. Mit etwa vier Theilen Sauerstoff und ohne Brennstoff macht er die Salpetersäure, mit etwa drey Theilen desselben und etwas Brennstoff die salpetrigte Säure, mit nahe zwey Theilen desselben und mehr Brennstoff die Basis des Salpetergas, und mit wenig mehr als gleichen Theilen Sauerstoff und noch mehrerm Brennstoffe die Basis des sauerstoffhaltigen Stickgas. Alles Sauerstoffes beraubt und mit Brennstoff gesättigt, giebt das Radical der Salpetersäure das Stickgas.

§. 1030. Eine Bestätigung dieser Theorie giebt die Erfahrung, daß Salpetergas, durch einen glühenden Flintenlauf getrieben, sich ganz in Stickgas verwandelt, indem das glühende Metall hierbey den noch im Salpetergas befindlichen Antheil Sauerstoff gänzlich in sich nimmt und dagegen Brennstoff abtritt. Ferner erklärt sich daraus die gänzliche Zerstörung des salpetersauren Ammoniaks für sich im Glühefeuer, und seine Verwandlung in Wasser und Stickgas; ingleichen die Verwandlung des flüssigen Ammoniaks in Salpetergas, wenn es durch glühenden Braunstein in einer Röhre destillirt.

Ueber die Erzeugung der Salpetersäure und Salpeterluft, von If. Milner; in Grens Journale der Physik, B. III. S. 83. ff.

§. 1031. Einen synthetischen Beweis für die Mischung der Salpetersäure kann die Erfahrung von Cavendish geben, welcher zu Folge ein Gemisch von sieben Theilen Sauerstoffgas und drey Theilen Stickgas in einer mit alkalischer Lauge gesperrten Glasröhre durch häufig wiederholte electrische Funken im Volum vermindert und die Lauge salpetersauer wurde. Freylich bleibt es hierbey noch unentschieden, was die electrische Materie hierbey selbst beygetragen habe.

Ueber die Verwandlung eines Gemisches der dephlogistisirten Luft in Salpetersäure durch Hülfe des electrischen Funkens, von Cavendish; in Grens Journale der Physik, B. I. S. 282. ff.

§. 1032. So viel scheint indessen als Thatsache ausgemacht zu seyn, daß die Natur bey der Verwesung organischer Körper Stickstoff, der ein Bestandtheil derselben ist, mit Sauerstoff des Wassers oder der Atmosphäre zur Salpetersäure vereinigt, und diese in so fern ein Product der Verwesung genannt werden kann. Daß aber Sauerstoffgas und Stickgas durch ihre Vermischung keine Salpetersäure geben, das hindert die Verwandtschaft ihrer respectiven Grundlagen zu dem Wärmestoffe, womit sie in diesen Gasarten vereinigt sind.

§. 1033. Jetzt läßt sich nun die Theorie des Verpuffens nach dem antiphlogistischen Systeme leicht geben. Der Salpeter entwickelt in der Glühehitze Sauerstoffgas (§. 1007.), welches das lebhafte Verbrennen der ver-

verbrennlichen Substanzen verursacht. In der dabey Statt findenden Temperatur bemächtigt sich die verbrennliche Substanz des Sauerstoffes der Salpetersäure gänzlich, ihr Radical, der Stickstoff mit Brennstoff gesättigt, wird frey und entweicht als Stickgas, und so wird die Salpetersäure gänzlich zerstört. Die große Menge des Wärmestoffes, welche die Salpetersäure auch im Salpeter noch gebunden enthält, und die nicht gänzlich zur Bildung der entstehenden Gasarten verwendet wird, und der Brennstoff der verbrennlichen Substanz, der vom Radical der Salpetersäure nicht alle aufgenommen werden kann, ist Ursach des beym Verpuffen entstehenden starken Feuers. — Eigentlich kann man aber die Erscheinungen des Verpuffens nicht von der aus dem Salpeter entwickelten Lebensluft ableiten; und es ist nicht diese, sondern die Salpetersäure selbst, die, ehe noch ihr Sauerstoff luftförmig entwickelt wird, durch denselben die verbrennliche Substanz in der Glühehitze zum Verbrennen bringt. Uebrigens läßt sich leicht daraus erklären, warum das Verbrennen derselben vermittelst des Salpeters auch beym Ausschlusse aller Luft in verschlossenen Gefäßen Statt haben kann. In der überaus schnellen Verbreitung des Verbrennens durch die Masse des Schießpulvers im verschlossenen Raume; in der Menge von Stickgas und kohlensaurem Gas, die daben so plötzlich erzeugt wird; in der über alle Berechnung großen Elasticität, welche dieses Gas durch die überaus große Menge des frey werdenden Feuers erhalten muß; und in der Expansivkraft des letztern

im Augenblicke seines Freywerdens, ist der Grund der fürchterlich großen Kraft zu suchen, welche das Schießpulver ausübt, wenn es im verschlossenen Raume entzündet wird (§. 566.).

Versuch einer neuen Theorie über das Schießpulver von Ingenhousz; in seinen verm. Schriften, B. I. S. 393. ff.

§. 1034. Beym Abbrennen des Knallpulvers (§. 1026.) ist es wohl gewiß, daß durchs allmählige Schmelzen desselben aus dem Schwefelalkali, (zu Folge des im Salpeter und Alkali befindlichen Wassers,) schwefelhaltiges Wasserstoffgas gebildet wird, oder vielmehr im ersten Anfange seiner Entstehung begriffen ist und mit der aus dem Salpeter entbundenen Lebensluft eine Knallluft macht.

Phosphor. Phosphorsäure.

§. 1035. Der **Phosphor** (Phosphorus), den man, zum Unterschiede von andern im Dunkeln leuchtend erscheinenden Körpern, auch **Kunkelschen** oder **Urin-Phosphor** nennt, ist eine einfache entzündliche Substanz, durchscheinend, weißlich von Farbe, etwas zähe von Consistenz, und in einer Hitze, die noch nicht die Siedhitze des Wassers erreicht, schmelzbar. Er ist beym Ausschlusse der Luft in der Hitze flüchtig und läßt sich überdestilliren. Er macht einen weit verbreiteten Grundstoff in den organischen Körpern, besonders im Thierreiche aus, findet sich aber auch im Mineralreiche, wie z. B. im Eisen aus Sumpferzen.

§. 1036.

§. 1036. Der Phosphor entzündet sich beym Zutritte der atmosphärischen Luft oder des Sauerstoffgas bey einer Wärme von 30 bis 32° R., und wird darin zur **Phosphorsäure** (Acidum phosphoricum, *A. phosphorique*). Die Umstände, welche dieses Verbrennen des Phosphors begleiten, sind schon oben (§§. 827. 834.) beschrieben worden. Der Phosphor läßt sich auch durch Reiben leicht in den zu seiner Entzündung nöthigen Grad der Wärme bringen. Auf die leichte Entzündlichkeit des Phosphors gründen sich übrigens die **Turiner Kerzen**, das *Feu portatif* und andere Spielwerke. Zur Verhütung seiner Entzündung bewahrt man ihn in Wasser auf.

§. 1037. Die Phosphorsäure (§. 1036.) unterscheidet sich wesentlich von andern Säuren. Sie ist feuerbeständig; sie kann das Glühefeuer vertragen, ohne sich zu verflüchtigen, und schmilzt dabey zu einem durchsichtigen, an der Luft wieder zerfließlichen, Glase. Sie bildet mit den Alkalien und Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelsalze, von denen wir hier nur das phosphorsaure Ammoniak, das sich auch im menschlichen Harne findet, und die phosphorsaure **Kalkerde** merken. Letztere ist im Wasser unauflöslich und geschmacklos und bildet den größesten Theil der **Knochenasche**.

§. 1038. Durch bloßes Glühen für sich läßt die Phosphorsäure sich nicht zerlegen und ihren Sauerstoff nicht fahren. Aber durch Hülfe des Kohlenstoffes läßt sie sich im Glühen zersetzen, indem der Kohlen-

stoff mit dem Sauerstoffe der Phosphorsäure zur Kohlensäure wird, die in Gasgestalt entweicht, und das Radical der Phosphorsäure mit dem Brennstoffe der Kohle gesättigt wieder Phosphor giebt. So bereitet man auch den Phosphor aus Phosphorsäure und Kohlenstaub durch Destillation.

§. 1039. An der atmosphärischen Luft entwickelt der Phosphor bey einer Temperatur, die nicht bis zu seiner Entzündung reicht, auf seiner ganzen Oberfläche einen sanften weißen Rauch, von einem knoblauchsartigen Geruche, der im Finstern leuchtet. Der Phosphor zerfließt dabey zu einer sauern Flüssigkeit. Die dabey Statt findenden Umstände, die Erklärung des Phänomens, und die darauf gegründete Anwendung des Phosphors zu einem eudiometrischen Mittel sind schon oben (§§. 847. 851.) angeführt worden.

§. 1040. Die saure Flüssigkeit, die sich bey diesem Leuchten des Phosphors in atmosphärischer Luft bildet, ist unvollkommene Phosphorsäure, die ich durch den Namen der **phosphorigten Säure** (Acidum phosphorosum, *A. phosphoreux*) unterscheide. Sie besitzt einen knoblauchsartigen Geruch, stößt in der Hitze einen weißen stechenden Rauch aus und verwandelt sich dabey in vollkommene oder Phosphorsäure, wobey sich im Finstern auch Leuchten zeigt.

§. 1041. Der Phosphor entzieht der Schwefelsäure in der Hitze, der Salpetersäure auch schon in der Kälte, den Sauerstoff, und wird Phosphorsäure.

§. 1042.

§. 1042. Die Oehle, so wohl die fetten als die ätherischen, lösen den Phosphor auf, und die Auflösung leuchtet im Dunkeln.

§. 1043. Mit Beyhülfe der ätzenden feuerbeständigen Alkalien und der gebrannten Kalkerde zersetzt der Phosphor das Wasser sehr leicht. Wenn man daher Phosphor mit einer ätzenden Lauge des feuerbeständigen Alkali kocht, so nimmt er den Sauerstoff des Wassers auf und wird zur Phosphorsäure, die sich mit dem Alkali verbindet, während der Wasserstoff des Wassers den Brennstoff des Phosphors aufnimmt und in Verbindung mit einem Antheile Phosphor als eine eigene Gasart austritt, die man **phosphorhaltiges Wasserstoffgas** (Gas hydrogenium phosphoratum, *Gaz hydrogène phosphoré*) *) nennt.

*) Synonyma: Phosphorgas, Phosphorluft.
Gengember über eine neue Luft, welche man durch die Wirkung von Laugensalzen auf Kunkels Phosphor erhält; in Crells chem. Annalen, 1786. B. I. S. 514. ff.

§. 1044. Um diese Gasart bequem und ohne Gefahr zu entbinden, muß man so wenig atmosphärische Luft, als möglich, in die Gefäße einschließen. Man nehme zu dem Ende eine kleine zinnerne oder irdene Flasche von etwa zwey Unzen Inhalt, schütte auf einen Theil Phosphor in derselben etwa zwölf Theile einer starken ätzenden Lauge des Gewächsalkali, so daß nur wenig Luft eingeschlossen bleibt; man stecke einen Kork fest auf, durch welchen eine gekrümmte Glasröhre geht, die höchstens 1½ Linie im Durch-

messer hat, und deren anderes Ende unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats tritt; und erhitze die Flasche allmählig im Sandbade durch Lampenfeuer bis zum Kochen der Lauge.

§. 1045. Die Blasen des Gas, welche hierbey übergehen, haben einen sehr unangenehmen, gleichsam fauligen Geruch. Läßt man sie an die atmosphärische Luft treten, so entzünden sie sich von selbst mit einem Knalle, und der weiße Rauch, den sie zurücklassen, steigt bey ruhiger Luft als ein horizontaler Ring, der sich immer mehr und mehr erweitert, empor; er ist wiedererzeugte Phosphorsäure. Zum Sauerstoffgas gelassen, entzünden sich diese Blasen mit Heftigkeit. Vom Wasser wird dieses Gas nicht aufgelös't, und an für sich trübt es weder das Kalkwasser, noch röthet es die Lackmustinctur.

§. 1046. Die Basis dieses Gas ist brennbarhaltiger Wasserstoff und Phosphor. In dieser Vereinigung ziehen sie den Sauerstoff stärker an, als sie einzeln für sich thun; sie zersetzen also das Sauerstoffgas plötzlich, verbrennen; und das Product dieses Verbrennens ist Feuer, Wasser und Phosphorsäure.

Säure des Kochsalzes, Flußspathes und Boraxes.

§. 1047. Die drey verschiedenen Säuren, die im **Kochsalze**, im **Flußspathe** und im **Boraxe** als eigenthümliche Säuren einen Bestandtheil ausmachen, sind

sind bis jetzt noch nicht zerlegt, oder man kennt ihr Radical noch nicht (§. 867.). Der Analogie nach mit andern Säuren müssen wir aber freylich schließen, daß auch sie aus Sauerstoff und einem eigenen Substrate bestehen.

§. 1048. 1) Wenn man auf gewöhnliches **Kochsalz** Vitriolöhl gießt, so entsteht sogleich eine beträchtliche Erhitzung und ein Aufbrausen, und es entwickeln sich häufige weißliche Nebel von einem eigenthümlichen sauern und scharfen Geruche und Geschmacke. Wenn man diese Nebel vermittelst einer Destillation auffängt, und durch so wenig Wasser als möglich verdichtet hat, so erhält man eine saure Flüssigkeit, die man in Officinen **rauchenden Salzgeist** (Spiritus salis fumans *Glauberi*) nennt.

§. 1049. Diese saure Flüssigkeit ist eine Säure eigener Art, die man nach dem Salze, woraus man sie gewinnt, im Systeme **Kochsalzsäure**, **Salzsäure** (Acidum muriaticum, *Acide muriatique*) genannt hat. Da aber die so erhaltene Säure, wie die Folge lehren wird, eigentlich nur eine unvollkommene Säure, oder da ihr Radical noch eines höhern Grades der Sättigung mit Sauerstoff fähig ist, so nenne ich sie **salzigte Säure** (Acidum muriatosum) (§. 872.), und brauche den Namen **Salzsäure** für jenen höhern Grad ihrer Oxigenirung.

§. 1050. Eigentlich entweicht diese Säure bey ihrer Austreibung aus Kochsalz durch concentrirte Schwefelsäure in Gasform, und wird durch das vorgeschla-

geschlagene Wasser wieder daraus versetzt, indem es die Basis dieses Gas in sich nimmt. Man erhält daher dieses Gas, wenn man die Mündung der Retorte sogleich unter den Trichter der Quecksilberwanne treten läßt und die aufsteigenden Blasen gehörig auffängt. Dieses Gas nenne ich salzigtsaures Gas (Gas muriatosum) *). Es ist sehr sauer; denn seine Basis ist die salzigte Säure. Es ist erstickend, unfähig zur Unterhaltung des Verbrennens; wird vom Wasser augenblicklich verschluckt, und das Wasser wird liquide salzigte Säure. Die Alkalien, Kalkwasser, u. dergl., saugen es schnell ein und verlieren dadurch ihre alkalische Beschaffenheit. Mit atmosphärischer und Lebensluft bildet es weißliche Nebel. Wenn man Ammoniakgas damit vermischt, so verlieren beyde Gasarten sogleich ihre Luftform unter Erwärmung und werden zu einem festen Salze (Salmiak). Kohlensaures Gas, Stickgas, reines und schwefelhaltiges Wasserstoffgas, schwefligtsaures Gas und Salpetergas haben keine Wirkung darauf, wenn sie nicht feucht sind.

*) Synonyma: Salzsaures Gas (Gas acidum muriaticum, *Gaz acide muriatique*).

§. 1051. Von den eigenthümlichen Neutral- und Mittelsalzen mit der salzigten Säure merke ich: das **salzigtsaure Mineralalkali**, (das **Kochsalz**, **Steinsalz**, **Meersalz**); das **salzigtsaure Ammoniak** (**Salmiak**); die **salzigtsaure Kalkerde**; die **salzigts. Talkerde**; die **salzigtsaure Schwererde**; und **salzigts. Strontionerde**.

§. 1052.

§. 1052. Das Radical der salzigten Säure läßt sich mit noch mehrerm Sauerstoffe verbinden, und erscheint dann in einem andern Zustande, von andern Verhältnissen und Eigenschaften; es wird nun zur vollkommnern Säure, die ich, zum Unterschiede der vorigen, **Salzsäure** (Acidum muriaticum) *) nenne (§. 872.), die man aber fälschlich als mit Sauerstoff übersättigt ansieht (§. 873.) und deshalb **oxigenirte Salzsäure** (Acidum muriaticum oxigenatum, *Acide muriatique oxigéné*) genannt hat.

*) Synonyma: Dephlogistisirte Salzsäure (Acidum salis dephlogisticatum).

§. 1053. Zur Bereitung der Salzsäure bedient man sich des Braunsteins, der, wie wir wissen (§. 832.), sehr vielen Sauerstoff enthält und ihn an die salzigte Säure leicht abtritt. Man schüttet davon gepulvert einen Theil in eine Retorte, gießt drey Theile concentrirte salzigte Säure darauf, legt sie in ein Sandbad, bringt sie mit der pneumatischen Wanne, die mit heißem Wasser gefüllt ist, in Verbindung, und erhitzt sie gelinde. Es entsteht eine Art von Aufbrausen, und es entwickelt sich nach der atmosphärischen Luft eine elastische Flüssigkeit von einer blaßgelben Farbe, die man in Gläser mit eingeriebenen Stöpseln auffängt.

§. 1054. Die erhaltene elastische Flüssigkeit ist kein Gas, sondern ein Dampf, der bey einer Verminderung der Temperatur, die kaum an den Gefrierpunct reicht, zu einer festen spießigten Substanz gerinnt, die durch Wärme wieder zur elastischen Flüssigkeit

sigkeit wird. Die elastische Salzsäure besitzt einen ungemein stechenden und erstickenden Geruch, tödtet hineingebrachte Thiere sehr schnell und ist ganz und gar irrespirabel, wird vom Wasser nach und nach eingesogen, und bildet nun damit liquide Salzsäure. Man kann sie auch nicht durch Quecksilber sperren, weil sie dieses auflös't, sondern nur in Gläsern mit eingeriebenem Stöpsel aufbewahren.

§. 1055. Die Salzsäure röthet nicht nur erst blaue Pflanzensäfte, sondern zerstört ihre Farbe ganz, so wie alle Pflanzenfarben. Alle bunte Blumen und grüne Blätter werden darin mit der Zeit weiß und ungefärbt. Die verlorne Farbe läßt sich durch kein Alkali wiederherstellen. Hierauf gründet sich die Anwendung der Salzsäure zum Bleichen von Leinwand und Baumwolle.

§. 1056. Eine brennende Wachskerze brennt in der elastischen Salzsäure fort, obgleich mit verminderter und dunklerer Flamme. Phosphorus, Kohle, Zinnober, graues Spießglanzerz, Spießglanz, Wismuth, Zink, u. a. verbrennliche Körper mehr, fein gepulvert in die erwärmte elastische Salzsäure geschüttet, entzünden sich darin sogar von selbst. Es entziehen diese verbrennlichen Substanzen der Salzsäure einen Antheil Sauerstoff und verwandeln sie in salzigte Säure.

§. 1057. Wasserstoffgas giebt mit elastischer Salzsäure ein Gemisch, das sich anzünden läßt; das Product des Verbrennens ist wässerigte salzigte Säure.

Der

Der Schwefel zerlegt die Salzsäure auch, verwandelt sie in salzigte Säure und wird selbst zur Schwefelsäure. Geschwefeltes Wasserstoffgas wird davon auf eine ähnliche Art afficirt, als von Lebensluft; es scheidet sich Schwefel ab, und die Salzsäure wird zur salzigten Säure. Salpetergas bringt mit elastischer Salzsäure sogleich röthliche Nebel zuwege, und es bilden sich salpetrigte Säure und salzigte Säure. Stickgas scheint keine Wirkung auf Salzsäure zu haben; aber Ammoniakgas bringt mit der erwärmten elastischen Salzsäure eine Art von Verbrennung zuwege; das Ammoniak wird ganz zersetzt; es erzeugt sich Stickgas, Wasser und salzigte Säure.

§. 1058. Die Neutral- und Mittelsalze, (*Muriates oxygénés*), die aus der Verbindung der Salzsäure mit Alkalien und Erden entspringen, unterscheiden sich von den salzigtsauren wesentlich. Ich nenne hier nur das salzsaure Gewächsalkali (*Muriate de Potasse oxigéné*), das auch die zerstörenden Wirkungen der Salzsäure auf Pflanzenfarben besitzt, in der Hitze sehr reine Lebensluft entwickelt und dann zu salzigtsaurem Gewächsalkali wird. Mit Kohlenstaub vermengt und in einen glühenden Schmelztiegel getragen, bewirkt das Salz eine heftige Verpuffung; eben so auch mit Schwefel. Mit Phosphor zusammengerieben macht es eine gefährliche Explosion.

§. 1059. Wenn man liquide Salzsäure in einer weißen gläsernen Retorte, die mit der pneumatischen Geräthschaft in Verbindung ist, den Sonnenstrahlen aus-

aussetzt, so entwickelt sich daraus Sauerstoffgas, und der Rückstand ist salzigte Säure. Man hat hieraus Anlaß genommen, die Salzsäure als ein **Photometer** zu brauchen; aber es gewährt ganz und gar keine Zuverlässigkeit.

§. 1060. Auch der Salpetersäure entzieht die salzigte Säure von ihrem Sauerstoffe und verwandelt sich dadurch in Salzsäure. Wenn man daher einen oder zwey Theile starke und farbenfreye Salpetersäure mit vier Theilen concentrirter salzigter Säure zusammenmischt, so entsteht Erhitzung und ein Aufbrausen, und es entwickelt sich daraus elastische Salzsäure, so wie auch das Gemisch den Geruch derselben zeigt und eine gelbe Farbe annimmt. Das rückständige Gemisch enthält nun unvollkommnere Salpetersäure mit der Salzsäure gemischt. Es hat von den ältern Chemisten den Namen **Königswasser** (Aqua regis, regia), auch **Goldscheidewasser**, erhalten, und ist als **salpetrigtsaure Salzsäure** (Acidum nitroso-muriaticum, *Acide nitro-muriatique*) anzusehen. Durch seinen Gehalt an Salzsäure ist es wirksam, und zeigt deshalb andere auflösende Kräfte, als salzigte Säure allein oder Salpetersäure allein; dadurch hat es auch seine auflösende Kräfte aufs Gold.

§. 1061. 2) Wenn man auf fein geriebenen **Flußspath** Vitriolöhl gießt, so tritt sogleich eine Menge weißliche Nebel von einem sauern Geruche und Geschmacke hervor. Hält man eine Glasplatte über diese

Nebel,

Nebel, so wird die Fläche derselben sehr schnell angegriffen, sie verliert ihre Politur, wird undurchsichtig, und das Glas wird wirklich angefressen. Diese Wirkung auf Glas und Kieselerde besitzt keine andere bis jetzt bekannte Säure, und deshalb ist die aus dem Flußspathe durch Vitriolöhl ausgetriebene Säure als eine eigenthümliche zu betrachten. Ich nenne sie **flussigte Säure** (Acidum fluorosum) *).

*) Synonyma: Flußspathsäure, Spathsäure (Acidum fluoris mineralis), Acidum fluoricum (*Acide fluorique*) der Neuern.

§. 1062. Die flussigte Säure hat sehr viel Aehnlichkeit mit der salzigten Säure im Geruche, Geschmacke und in ihrer Flüchtigkeit. Man kann sie nicht in fester Gestalt darstellen und ohne vorgeschlagenes Wasser bey der Destillation nicht erhalten. Eigentlich ist sie im wasserfreyen Zustande gasförmig, und wird in dieser Form aus dem Flußspathe durchs Vitriolöhl getrieben, das Gas wird aber bey der Destillation von dem vorgeschlagenen Wasser zersetzt, und seine Basis davon eingesogen, die nun damit die liquide flussigte Säure bildet. Wenn man demnach bey der Destillation des Flußspathes mit Vitriolöhl die Mündung der Retorte unter den Trichter der Quecksilberwanne der pneumatischen Geräthschaft bringt, so geht die flussigte Säure als eine permanente elastische Luft über und macht das **flussigtsaure Gas** (Gas fluorosum) *). Dieses Gas verwandelt sich bey Berührung der atmosphärischen Luft in weißliche Nebel, wird vom Wasser sogleich verschluckt oder vielmehr zersetzt, und bildet damit

damit liquide flussigte Säure. Es ist schwerer als atmosphärische Luft, ist irrespirabel, verlöscht ein hineingebrachtes Licht, ist sehr sauer, trübt das Kalkwasser gleich, und wird davon zersetzt, so wie auch von Alkalien, und tritt mit Ammoniakgas zum festen Körper zusammen.

*) Synonyma: Flußspathsaures Gas (Gas acidum fluoricum, *Gas acide fluorique*).

§. 1063. Hat man dieses Gas aus einer gläsernen Retorte destillirt, so setzt es bey seiner Zersetzung durch hinzugelassenes Wasser sogleich eine kieseligte Rinde ab, zum Beweise, daß die flussigte Säure die Kieselerde sogar in Luftgestalt bringen und verflüchtigen kann.

§. 1064. Mit der Kalkerde liefert die flussigte Säure eine im Wasser völlig unauflösliche Verbindung, und tröpfelt man die Säure zum Kalkwasser, so entsteht sogleich ein Niederschlag, der **flussigtsaure Kalkerde** ist. Dergleichen ist auch der natürliche **Flußspath** oder **Fluß** (Fluor mineralis), der wegen seiner Unauflöslichkeit im Wasser allerdings nicht zu den Salzen, sondern zu den Steinen oder Erden gehört. Er kommt in schönen würfligen Krystallen, mehr oder weniger durchsichtig, und von den schönsten und mannigfaltigsten Farben vor. Er ist im Feuer schmelzbar, läßt aber seine Säure dabey nicht fahren. Er lös't im Flusse andere Erdarten auf, und wird deswegen im Hüttenwesen als Zuschlag beym Schmelzen gebraucht, wovon er auch seinen Namen erhalten hat. Beym Erhitzen leuchtet er im Dunkeln.

§. 1065.

§. 1065. 3) **Aus dem Boraxe** (Borax) scheiden die mineralischen Säuren auf nassem Wege ein saures Salz ab, das sich in allen Verhältnissen als eine eigenthümliche Säure charakterisirt und den Namen der **Boraxsäure** (Acidum boracicum, *Acide boracique*) *) führt. Sie bildet ein glänzendes, weich anzufühlendes, schuppiges Salz, das kaum einen säuerlichen Geschmack hat, aber die Lackmustinctur röthet, im kalten Wasser sich schwer auflösen läßt, und davon bey 50° Fahrenh. 20 Theile erfordert, da es hingegen im kochenden Wasser leicht auflöslich ist. An der Luft ist das Salz beständig; im Feuer ist es nicht flüchtig, es läßt sich aber durch Wasserdämpfe mechanisch in die Höhe reißen. Es schmelzt in der Glühehitze zu einer durchsichtigen, glasähnlichen Masse, lös't aber leicht von der Thonerde des Tiegels auf. Durch dieses Schmelzen wird es weiter nicht verändert, als daß es sein Krystallisationswasser verliert. Die Boraxsäure unterscheidet sich also durch ihre Feuerbeständigkeit von andern bisher abgehandelten Mineralsäuren gar sehr.

*) Synonyma: Sedativsalz (Sal sedativum *Hombergi*).

§. 1066. Von den Verbindungen der Boraxsäure mit Alkalien und Erden nenne ich hier das **boraxsaure Mineralalkali**, dergleichen der Borax selbst ist, der aber doch noch einen Ueberschuß an Mineralalkali enthält; und die **boraxsaure Kalkerde und Talkerde**, (**Boracit**).

Metalle.

Metalle.

§. 1067. Auch die **Metalle** sind einfache verbrennliche Substanzen. Wir kennen gegenwärtig neunzehn wesentlich verschiedene metallische Substanzen: **Gold, Platin, Silber, Quecksilber, Bley, Kupfer, Eisen, Zinn, Zink, Wismuth, Spießglanz, Arsenik, Kobald, Nickel, Magnesium, Molybdän, Wolfram, Uran** und **Titan**.

§. 1068. Die Metalle übertreffen an specifischem Gewichte alle übrige Fossilien, doch ist darin unter ihnen selbst ein beträchtlicher Unterschied. Sie sind vollkommen undurchsichtig. Sie besitzen einen eigenthümlichen Spiegelganz, der ein charakteristisches Kennzeichen derselben ausmacht, und stehen beym Flusse in der Schmelzhitze mit convexer Oberfläche in irdenen Schmelzgefäßen.

§. 1069. Mehrere Metalle sind dehnbar, und ihre Theile lassen sich durch Druckwerk oder Hämmern an einander merklich verschieben, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren, und sie lassen sich so zu dünnen Blättern und Fäden strecken, wie z. B. Gold, Silber, Platin, Kupfer, Bley, Zinn, Eisen. Andere hingegen sind spröde und lassen sich nicht strecken und dehnen, z. B. Spießglanz, Arsenik, Kobald, Wismuth ꝛc. Man hat deshalb die Metalle eingetheilt in **Ganzmetalle** (Metalla perfecta) und **Halbmetalle** (Semimetalla). Allein diese Eintheilung ist nicht gut statthaft und die Benennung nicht gut gewählt. Denn es läßt sich keine Grenzlinie zwi-

schen ihnen ziehen, sondern es gehen vielmehr die geschmeidigen Metalle ganz unmerklich in die spröden über.

§. 1070. Die Metalle sind alle schmelzbar, aber in verschiedenen Graden. So schmelzt Quecksilber schon in der gewöhnlichen Temperatur unsrer Atmosphäre; einige Metalle schmelzen noch **vor dem Glühen**, z. B. Zinn, Bley; andere **nach** dem Glühen, z. B. Silber, Gold, Kupfer, Eisen. Alle Metalle, nur Eisen und Platin ausgenommen, schmelzen, wenn sie den gehörigen Grad der Hitze erreicht haben, plötzlich; die letztern hingegen werden erst erweicht, und darauf beruhet ihre so nützliche Eigenschaft, sich **schweißen** zu lassen.

§. 1071. Die Metalle sind krystallisirbar, wenn die dazu erforderlichen Bedingungen Statt finden (§. 142.). Bey den so genannten Halbmetallen ist das innere krystallinische Gefüge leicht wahrzunehmen; bey den zähen fällt es darum nicht in die Augen, weil eben wegen ihrer Dehnbarkeit sich beym Zerstücken die Lage ihrer Theile ändert.

§. 1072. Die mehrsten Metalle sind in ihrer Schmelzhitze **feuerbeständig**, wie Gold, Silber, Kupfer, Platin, Eisen, Bley, Zinn, Nickel, Kobalt, Magnesium, Wolfram; einige hingegen sind **flüchtig** und lassen sich in verschlossenen Gefäßen in die Höhe treiben, wie Quecksilber, Wismuth, Zink, Arsenik und Spießglanz. Die Feuerbeständigkeit der erstern ist freylich nur relativ, und man hat in der

größten Hitze großer Brenngläser selbst das Gold sich verflüchtigen gesehen.

§. 1073. Die mehrsten Metalle lassen sich unter einander zusammenschmelzen, und es entspringen daraus mannigfaltige **Metallgemische, Metallversetzungen**, oder **Legirungen**, die wegen ihrer besondern Eigenschaften oft von sehr großem Nutzen sind. Diese Metallgemische sind oft dichter, als sie der Berechnung zu Folge seyn sollten, oft weniger dicht. Merkwürdig ist es, daß einige Metalle gar nicht mit einander zusammengeschmolzen werden können.

Wir merken hier von diesen Metallgemischen: die Legirung des Goldes mit Kupfer oder Silber; die Legirung des Silbers mit Kupfer; beyde zu Münzen und andern Arbeiten: die Bronze (Aes), das Glockengut, Stückgut aus Kupfer und Zinn; das gelbe Kupfer, Messing, Tomback, Similor, aus Kupfer und Zink; das Zinnamalgama, aus Quecksilber und Zinn zur Belegung der Spiegel; das Schnellloth, aus Zinn, Bley und Wismuth; das weiße Kupfer, aus Kupfer und Arsenik.

§. 1074. Alle Metalle, nur Gold, Silber und Platin ausgenommen, erfahren eine höchst merkwürdige Veränderung, wenn sie beym Zutritte der Luft der Schmelzhitze ausgesetzt werden. Um die hierbey Statt findenden Umstände besser wahrnehmen zu können, stelle man folgenden Versuch an. Man nehme eine genau abgewogene Menge von gleichen Theilen Bley und Zinn, und lasse sie in einem flachen Calcinirscherben schmelzen. Das Metall verliert sehr bald seine glänzende, spiegelnde Oberfläche, und wird mit einer grauen, erdigen Haut überzogen. Man streiche diese mit einem eisernen Spatel zurück, so kommt zwar wieder eine neue metallisch-glänzende

Fläche

Fläche zum Vorscheine; sie wird aber bald wieder von neuem mit der grauen, erdigen Haut bedeckt, und man kann endlich so bey fortgesetzter Arbeit alles Metall in einen solchen grauen Staub verwandeln. Wenn man das Metall bis zum Glühen erhitzt, so geht diese Veränderung schneller vor, und man sieht endlich das Metall ganz deutlich ursprünglich leuchtend werden, oder verbrennen, und es ist jetzt der Unterschied, daß der entstandene Staub eine gelbliche Farbe erlangt. Durch Umrühren desselben muß man suchen, die noch nicht veränderten Theile des Metalles mit der Luft in Berührung zu bringen, wo sie dann jene Veränderung ebenfalls leicht erfahren. Wenn man bey dieser Arbeit Sorge trägt, daß von dem Metalle nichts verloren geht, so findet man nach Endigung des Prozesses und dem Erkalten, daß der pulverige, dem Ansehen nach erdige, Rückstand etwa 12 Procent mehr wiegt, als das dazu angewandte Metall.

§. 1075. Es geht also bey diesem Versuche der metallische Glanz, der Zusammenhang, die Geschmeidigkeit, und eine große Anzahl sinnlicher Eigenschaften des Bleyes und Zinnes verloren, und diese Metalle verwandeln sich dem Ansehen nach in eine Erde. Eine ähnliche Veränderung widerfährt auch bey gleicher Behandlung jedem dieser Metalle besonders. Metall, das auf irgend eine Weise diese Veränderung erfahren hat, heißt ein **Metallkalk** (Calx metallica); Metall hingegen, das mit allen den vorher beschriebenen Eigenschaften versehen ist, **regulinisches Metall** oder **metallischer König** (Regulus); und die Operation,

 durch

durch welche ein regulinisches Metall in Kalk verwandelt wird, das **Verkalken** (Calcinatio).

§. 1076. Alle Metalle, nur Gold, Silber oder Platin ausgenommen, werden im Feuer beym Zutritte der Luft verkalkt. Man unterscheidet daher jene, welche durchs Feuer nicht verkalkt werden können, durch den Namen der **edeln Metalle** (Metalla nobilia), von den übrigen, welche **unedle** (Metalla ignobilia) genannt werden.

§. 1077. Die Metallkalke haben nach dem Unterschiede der Metalle so wohl, woraus sie entstanden sind, als nach dem Grade der bey der Verkalkung angewandten Hitze, verschiedene Farben und verschiedene Natur. Einige zeigen offenbar eine sauersalzigte Beschaffenheit. Die Kalke der unedeln Metalle, nur der des Quecksilbers ausgenommen, gehen alle, wo nicht für sich allein, doch in Verbindung mit andern, beym Schmelzen in ein Glas, oder wenigstens in eine glasichte Schlacke über, von ansehnlicher Dichtigkeit. Die Schmelzhitze, die dazu erforderlich ist, ist größer, als die, wobey die Metalle dieser Kalke fließen.

§. 1078. Diese **metallischen Gläser** (Vitra metallica) besitzen andere Eigenschaften, als ihre regulinischen Metalle. Sie fließen im Feuer in den irdenen Schmelzgefäßen nicht mehr mit convexer Oberfläche, lösen Erden und Alkalien im Flusse auf, was die regulinischen Metalle nicht thun, und lassen sich mit regulinischen Metallen durchaus nicht vereinigen.

Bey dem Verglasen behalten die feuerbeständigen Metallkalke die Zunahme des Gewichts, die sie bey ihrer Entstehung über das Gewicht des angewandten Metalles erhalten haben. Die metallischen Gläser besitzen verschiedene Farben, und die metallischen Kalke ertheilen auch den erdigten und salzigten Gläsern, womit sie sich verglasen, ihrer unterschiedenen Natur nach verschiedene Farben, oft schon, wenn sie ihnen nur in geringer Menge zugesetzt werden. Metallkalke, die für sich kein durchsichtiges Glas geben, können anderm Glase, mit dem sie zusammengeschmolzen werden, auch die Durchsichtigkeit rauben. Auf die Verbindung anderer Gläser mit den metallischen, und die Färbung durch dieselbigen, gründet sich die Bereitung der **künstlichen Edelgesteine** und **Glasflüsse**, der **Pigmente zum Porzellän- und Emailmahlen**, der **Schmelzgläser** und des **Emails**, und der **Glasuren**.

§. 1079. Wenn man den Kalk von Bley, z. B. Bleyglätte oder Mennige, mit Kohlenstaub vermengt, in einem bedeckten Schmelzgefäße der Schmelzhitze aussetzt, so verwandelt er sich wieder in reguliniſches Bley. Diese Operation, durch welche man die metallischen Gläser und Kalke wieder in reguliniſches Metall verwandelt, heißt das **Wiederherstellen** oder **Reduciren** (Reductio).

§. 1080. Die Wiederherstellung der unedeln Metalle aus ihren Kalken und Gläsern erfordert allemal den Zusatz einer verbrennlichen Substanz, wie z. B. der Kohle, oder solcher Dinge, die Kohlenstoff enthal-

enthalten, als: Seife, Pech, Harz, Fett, Oehl. Bey schwer-flüssigen Metallkalken kann man sich aber nur der feuerbeständigern Reducirmittel bedienen. Im Hüttenwesen dient gewöhnlich das Brennmaterial, die Kohle, zwischen denen man die Erze schmelzt, selbst zum Reducirmittel. Um übrigens bey streng-flüssigen Kalken ihren Fluß und die bessere Scheidung des reducirten Metalles von der Schlacke zu befördern, oder diese dünn-flüssiger zu machen, braucht man noch Zusätze, die als Flüsse (§. 574.) dienen.

§. 1081. Ob man gleich die edeln Metalle nicht durch Feuer und Luft verkalken kann (§. 1076.), so kann es doch auf andern Wegen geschehen, wie die Folge lehren wird. Ihre Kalke unterscheiden sich aber von denen der unedeln Metalle darin, daß sie zu ihrer Wiederherstellung keines Zusatzes einer verbrennlichen Substanz bedürfen, sondern beym Schmelzfeuer in der Glühehitze für sich wieder zu regulinischen Metallen werden. Und hierin ist ihnen auch der Kalk des Quecksilbers ähnlich.

§. 1082. Alle Umstände bey dem Verkalken der Metalle durch Feuer und Luft lehren, daß dieser Prozeß ein wirkliches **Verbrennen** ist, und daß die regulinischen Metalle verbrennliche Substanzen sind. Auch finden dabey durchaus eben dieselbigen Phänomene Statt, als beym Verbrennen anderer Substanzen (§. 828.). Denn 1) beym Ausschlusse des Sauerstoffgas ist keine Verkalkung der Metalle durchs Feuer allein zu bewerkstelligen. In genau verschlossenen

Gefä-

Gefäßen, oder unter einer Decke von Glas, Schlacken, Kohlenstaub u. dergl. geschmolzen, bleibt das regulinische Metall regulinisch. Auch geschieht die Verkalkung des Metalles nur an der Oberfläche desselben, wo die Luft Zutritt hat. 2) Beym Verkalken der Metalle durch die Hitze wird das Sauerstoffgas verzehrt, und in einer bestimmten Menge desselben kann nur eine gewisse Menge des Metalles verkalkt werden. 3) Der Ueberschuß des Gewichts des Metallkalkes über das des dazu angewandten regulinischen Metalles correspondirt dem Gewichte des dabey verschwindenden Antheils des Sauerstoffgas.

Grens system. Handb. der Chemie. Th. III. §. 2178. ff. *Lavoisier* traité élément. T. I. S. 85.

§. 1083. Die Theorie des Verkalkens der Metalle kommt also ganz mit der Theorie des Verbrennens überhaupt (§. 844.) überein. Die unedeln Metalle sind nämlich verbrennliche, oder solche brennstoffhaltige Substanzen, die bey einem gewissen Grade der Temperatur das Vermögen besitzen, den Sauerstoff stärker anzuziehen, als er vom Wärmestoffe im Sauerstoffgas angezogen wird. Wenn sie also beym Zutritte der atmosphärischen Luft im Schmelzen den dazu nöthigen Grad der Hitze erreicht haben, so zersetzen sie das Sauerstoffgas dadurch, daß sie sich mit dem Sauerstoffe desselben verbinden, während ihr Brennstoff mit dem Wärmestoffe austritt. Die Metalle werden durch die Verbindung mit dem Sauerstoffe natürlicher Weise in ihrer Natur und in ihren Eigenschaften geändert; sie werden Metallkalke, und

durch

durch Schmelzen derselben metallische Gläser. Die Gewichtszunahme und die Uebereinstimmung dieser mit dem Gewichte des verschwundenen Sauerstoffgas erklärt sich nun leicht; so wie der Umstand, warum beym Ausschlusse aller Luft die Verkalkung der Metalle durchs Feuer nicht Statt hat, und warum in einer bestimmten Menge von Luft nur eine gewisse Quantität des Metalles sich verkalken kann.

§. 1084. Einige Metalle werden bey ihrer Verkalkung, wenn sie vollkommen ist, auch zu wirklichen Säuren, wie das Arsenik und das Molybdän; andere hingegen zeigen noch keine saure Beschaffenheit, es sey nun, daß ihre Grundlage dazu nicht fähig ist, oder daß sie nicht so viel Sauerstoff aufnehmen können, als zu ihrer Säurebildung erforderlich wäre. Man hat deshalb die Metallkalke in der neuern Nomenclatur **Oxiden** (*Oxides*) genannt. Die Verkalkung selbst ist eine **Oxidirung** (*Oxidation*).

§. 1085. Die Wiederherstellung der Metalle aus ihren Kalken und Gläsern ist demnach eine **Desoxidirung** (*Desoxidation*), oder eine Scheidung des Sauerstoffes von dem damit verbundenen Metalle und zugleich eine Wiedererstattung seines verlornen Brennstoffes. Dies kann bey den unedeln Metallen nicht durchs bloße Feuer geschehen, wenigstens nicht auf eine vollständige Weise, sondern es ist nöthig, daß noch eine verbrennliche Substanz zugesetzt werde, die in der gehörigen Temperatur näher mit dem Sauerstoffe verwandt ist, als das Metall. Dies ist der

Kohlen-

Kohlenstoff, der in der Temperatur des Glühens den Sauerstoff stärker anzieht, als er vom Metalle angezogen wird, damit als kohlensaures Gas entweicht, dem Metalle aber seinen Brennstoff überläßt, und so durch beydes das Metall wieder regulinisch macht, wenn er in hinreichender Menge zugegen ist.

§. 1086. Um dies zu bestätigen, reibe man 1 Unze Bleyglätte mit 2 Quentchen Kohlenstaub genau zusammen, schütte das Gemenge in eine kleine irdene Retorte, setze diese mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung, und erhitze sie stufenweise bis zum Glühen. Anfangs tritt die atmosphärische Luft aus, aber nachher folgt kohlensaures Gas. Nach Endigung der Operation findet man den Bleykalk in der Retorte zum regulinischen Bley hergestellt.

§. 1087. Man nehme ferner 1 Unze rothen Quecksilberkalk, reibe ihn mit 1 Quentchen Kohlenstaub innig zusammen, und verfahre wie vorher (§. 1086.). Man wird hierbey ähnliche Producte erhalten, nämlich kohlensaures Gas und laufendes Quecksilber, das, weil es in der Hitze flüchtig ist, überdestillirt und sich in der Mittelflasche sammelt. — Hr. **Lavoisier** fand hierbey, daß 1 Unze (franz.) rother Quecksilberkalk 7 Quentchen 34,3 Gr. laufendes Quecksilber gab; daß dabey 75,5 Cubikzoll (paris.) kohlensaures Gas entwickelt wurden, deren Gewicht 52,45 Gr. beträgt; und daß von der angewandten Kohle 14,75 Gr. verzehrt worden waren. Diese 14,75 Gr. Kohle hatten also 37,7 Gr. Sauerstoff aus dem Quecksilber in sich genommen, während

tend sie diesen zum regulinischen Quecksilber reducirt hatten.

Lavoisier's oben (§. 953.) angef. Abhandl.

§. 1088. Die edeln Metalle besitzen eine zu geringe Verwandtschaft zum Sauerstoffe, als daß sie ihn dem Sauerstoffgas entziehen könnten. Dies ist der Grund ihrer Unverkalkbarkeit im Feuer; aber auch der Grund von der Wiederherstellung ihrer, durch andere Mittel erzeugten, Kalke, vermittelst des glühenden Flusses für sich, ohne Reducirmittel (§. 1081.). Im letztern Falle ist ihnen der Kalk des Quecksilbers ähnlich, das zwar bey einem Grade der Hitze vor dem Glühen durch das Sauerstoffgas verkalkt werden kann, aber durch die Glühehitze seinen Sauerstoff wieder entläßt. So wird das Quecksilber ein sehr gutes Mittel, die atmosphärische Luft zu zerlegen und ihre Zusammensetzung zu zeigen. Man nehme eine Unze rothen Quecksilberkalk, schütte ihn in eine kleine gläserne Retorte, die durch eine Mittelflasche mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist. Man erhitze die Retorte vorsichtig bis zum Glühen. Anfänglich tritt die atmosphärische Luft der Geräthschaft aus, nachher aber geht reines Sauerstoffgas über, wobey sich das Quecksilber reducirt und in die Mittelflasche überdestillirt. Das Gewicht alles erhaltenen Quecksilbers beträgt etwa 32 Gran (nürnb.) weniger, als der dazu angewandte Quecksilberkalk.

§. 1089. Bey der Wiederherstellung der Kalke der edeln Metalle und des Quecksilbers verbindet sich

also in der dazu erforderlichen Glühehitze die Basis des Lichts oder der Brennstoff des Feuers wieder mit dem Metalle, und der Wärmestoff wieder mit dem Sauerstoffe, und dieser tritt als Sauerstoffgas aus; und das Metall kommt dadurch wieder in den regulinischen Zustand.

§. 1090. Die Metalle besitzen nach ihrer specifischen Natur nicht gleich starke Verwandtschaft zum Sauerstoffe. Auch ist die Quantität Sauerstoff, den gleiche Quantitäten specifisch verschiedener Metalle bis zu ihrer Sättigung aufnehmen, nicht gleich groß.

§. 1091. Nicht nur die Kalke der verschiedenen Metalle unterscheiden sich von einander durch einen verschiedenen Gehalt von Sauerstoff; sondern es ist auch ein und dasselbige Metall eines verschiedenen Grades der Oxidirung fähig, und seine, solcher Gestalt mit verschiedener Quantität von Sauerstoff verbundene, Kalke unterscheiden sich in ihren Eigenschaften, ihrer Farbe, und ihrem Verhalten gegen andere Körper. So verwandelt sich z. B. das Bley beym stärkern oder schwächern Verkalken, nach Maaßgabe der Hitze, in einen grauen, oder gelben, oder röthlichen Kalk; das Quecksilber durch Schütteln in der gewöhnlichen Temperatur der Luft in einen schwarzen, durch stärkere Hitze in einen rothen Kalk.

§. 1092. Einen Metallkalk, der so viel Sauerstoff aufgenommen hat, daß er die Grenze der Sättigung damit erreicht hat oder ihr nahe ist, nenne ich

voll-

vollkommenen Metallkalk, im Gegensatze von einem **unvollkommenen** (*Oxide metallique du premier degré d'oxidation*), der noch nicht mit Sauerstoff gesättigt oder noch einer stärkern Oxidirung fähig ist, und also auch noch Brennstoff enthält.

§. 1093. Die vollkommenen Kalke einiger unedeln Metalle entlassen in der Glühehitze für sich einen Antheil ihres Sauerstoffes und verwandeln sich so in unvollkommnere Kalke, wie z. B. die rothe Mennige, der schwarze Kalk des Magnesiums, der rothe Eisenkalk, die Arseniksäure. Hierauf gründet sich die Anwendbarkeit des Braunsteines zur Gewinnung des Sauerstoffgas (§. 832.).

§. 1094. Die unedeln Metalle entziehen nicht nur dem Sauerstoffgas in der Hitze und beym Schmelzen den Sauerstoff, sondern auch verschiedenen andern Materien, womit er vereinigt ist, so daß es also außer der Verkalkung der Metalle durch Feuer und Luft noch mehrere Mittel giebt, Metallkalke hervorzubringen.

§. 1095. Ein sehr wirksames Mittel hierzu ist der Salpeter, mit welchem alle Metalle, deren Kalke durch bloßes Glühen nicht wiederhergestellt werden (§. 1081.), in der Glühehitze unter den schon bekannten Erscheinungen (§. 1022. ff.) verpuffen und in vollkommene Kalke verwandelt werden, die mit dem Gewächsalkali des Salpeters zurückbleiben.

§. 1096. Diejenigen Metalle, deren Anziehung zum Sauerstoffe sehr stark ist, wie z. B. Eisen, Magnesium

nesium und Zink, entziehen ihn auch in der Glühehitze dem Wasserstoffe, und zersetzen solcher Gestalt das Wasser, wovon schon oben (§. 914. ff.) ein Beyspiel vorgekommen ist. Sie werden dabey aber nur in unvollkommene Kalke verwandelt. Auch schon in der gewöhnlichen Temperatur, aber freylich nur sehr langsam, können die erwähnten Metalle das Wasser zersetzen und sich durch Aufnahme seines Sauerstoffes in unvollkommene Kalke verwandeln.

§. 1097. Metalle, deren Verwandtschaft zum Sauerstoffe nicht sehr stark ist, lassen sich aus ihren Kalken durch Wasserstoffgas auch wiederherstellen, wenn man sie darin unter einem Glascylinder durch Hülfe eines Brennglases hinlänglich bis zum Schmelzen erhitzt, wobey sich aus dem Sauerstoffe des Metallkalkes und dem Wasserstoffe wieder Wasser erzeugt, und folglich das Wasserstoffgas zersetzt wird. Der Versuch läßt sich mit Bleykalken und noch leichter mit Quecksilberkalk anstellen. Metalle, die den Sauerstoff sehr stark anziehen, werden auf diese Weise zwar aus vollkommnern Kalken zu unvollkommnern gebracht, aber doch nicht völlig hergestellt, z. B. Eisen.

Priestley, in Crells chem. Annal. J. 1786. B. I. S. 23.

§. 1098. Alle unedle Metalle verlieren mit der Zeit an der bloßen Luft, und zwar einige früher, andere später, ihren metallischen Glanz, werden unscheinbar oder laufen an, und einige davon werden in Rost verwandelt. Dieses Rosten ist ein wahres Verkalken der Metalle, woran aber die Feuchtigkeit der

Atmo-

Atmosphäre so viel Antheil haben möchte, als das Sauerstoffgas derselben. Dieser Rost ist oft ein vollkommener Metallkalk, und gewöhnlich auch mit Kohlensäure aus der Atmosphäre verbunden.

§. 1099. Die Metalle sind in den Säuren auflösbar; doch greift nicht jede Säure jedes regulinische Metall an. Die Auflösung aller regulinischen Metalle in Säuren geschieht mit Entwickelung von Gas; nur die einzige Salzsäure macht eine Ausnahme. Die Gasarten, die sich dabey erzeugen, sind: mit concentrirter Schwefelsäure schwefligtsaures Gas (§. 975.), mit Salpetersäure Salpetergas (§. 1009.), mit verdünnter Schwefelsäure und mit salzigter Säure Wasserstoffgas (§. 924.).

§. 1100. Schon die Theorie dieser Gasarten ergiebt, daß die regulinischen Metalle bey ihrer Auflösung in Säuren Sauerstoff aufnehmen und Brennstoff entlassen, oder sich verkalken, und daß sie in ihren sauern Auflösungsmitteln nicht als regulinische Metalle, sondern als Metallkalke enthalten sind. Da auch die edeln Metalle von Säuren aufgelös't werden können, so folgt, daß auch sie dabey verkalkt werden; und dies ist auch das Mittel, die edeln Metalle in den kalkförmigen Zustand zu versetzen.

§. 1101. Die metallischen Auflösungen in Säuren können die Metalle entweder als unvollkommenen oder als vollkommenen Kalk enthalten, nach Maaßgabe der dabey angewandten Hitze oder der Zerlegbarkeit

barkeit der Säuren. Ein und dasselbe Metall kann also mit einer und derselbigen Säure verschiedentlich geartete Verbindungen geben. Diese Verbindungen der verkalkten Metalle mit den Säuren machen eine wichtige Classe von Salzen, die **metallischen Salze** (Salia metallica), aus, die sich unter einander so wohl nach der Natur der metallischen Basis, als der Säure, die sie enthalten, mannigfaltig von einander unterscheiden.

§. 1102. Die feuerbeständigen Alkalien schlagen das in Säure aufgelös'te Metall, wegen der nähern Verwandtschaft der Säuren zu ihnen, nieder, und der Niederschlag ist kalkförmig.

§. 1103. Die verschiedenen Metalle schlagen sich wechselseitig aus ihren Auflösungen in Säuren nieder. Man hänge z. B. in die Auflösung des Kupfers in Schwefelsäure (des Kupfervitriols) ein polirtes Stahlblech so wird dieses auf seiner Oberfläche bald mit regulinischem Kupfer überzogen werden, und mit der Zeit wird bey hinreichender Menge von Eisen alles Kupfer niederfallen und die Kupferauflösung in genau verschlossenen Gefäßen in Eisenauflösung verwandelt werden. Man bemerkt bey diesen Niederschlägen eines Metalles durch ein anderes keine Spur von Gasentwickelung, wenn die Solutionen keine freye Säure enthalten. Da aber doch das fällende Metall nicht anders aufgelös't werden kann, als daß es verkalkt werde, so folgt, daß es sich auf Kosten des gefällten Metalles verkalke und dieses eben dadurch wiederherstelle.

§. 1104. Die Niederschlagung eines aufgelöst'ten Metalles aus einer Säure durch ein anderes reguliniſches geschieht also durch die Anziehung des fällenden Metalles zum Sauerstoffe, welche stärker ist, als diejenige, welche das aufgelöst'te Metall dagegen besitzt. Die Ordnung, in welcher sich die Metalle aus den Säuren einander niederschlagen, giebt also die Verwandtschaftsfolge derselben gegen den Sauerstoff, und es läßt sich daraus auch erklären, warum sie bey allen Säuren einerley ist.

Nach mehrern Beobachtungen findet folgende Verwandtschaftsfolge der Metalle zum Sauerstoffe Statt:

Zink.
(Magnesium, Kobalt, Nickel.)
Eisen.
Bley.
Zinn.
Kupfer.
Wismuth.
Spießglanz.
Arsenik.
Quecksilber.
Silber.
Gold.
Platin.

§. 1105. Mehrere Metalle bilden bey ihrer Niederschlagung aus den Säuren durch andere reguliniſche Metalle krystalliniſche Gruppen, und geben so Gelegenheit zur Entstehung der so genannten **künstlichen Vegetationen** und **Metallbäumchen** (Vegetationes metallicae).

Hierher gehört insbesondere: 1) der Silberbaum (*Arbor Dianae*). Man nimmt drey Theile gesättigte Auflösung des Silbers in Salpetersäure, zwey Theile gesättigte Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure, und zwanzig Theile destillir-

destillirtes Wasser, vermischt es mit einander, seihet es klar durch, und gießt es in ein enges cylindrisches Glas mit flachem Boden auf drey Theile von einem Amalgama, das aus einem Theile Silber und sieben Theilen Quecksilber gemacht und völlig regulinisch ist. Es schlägt sich nun durch die Zeit und Ruhe das Silber regulinisch nieder, amalgamirt sich mit dem überflüssigen Quecksilber, und bildet krystallinische Anschüsse, deren Gruppirung die Vegetation ausmacht.

2) Der Bleybaum (*Arbor Saturni*). Man löset Bleyzucker in destillirtem Wasser auf, seihet die Auflösung klar durch, schüttet sie in einen schmalen Glascylinder, und hängt an einem Faden ein Stück oder eine Stange Zink hinein. Es schlägt sich das Bley durch die Ruhe krystallinisch nieder und hängt sich an den Zink an.

3) Der Zinnbaum (*Arbor Iovis*). Man erhält ihn, wie den vorigen, wenn man in die Auflösung des Zinnes in Essigsäure regulinischen Zink hängt.

§. 1106. Der **Schwefel** verbindet sich im Flusse mit allen Metallen und lös't sie auf, ausgenommen Gold, Platin und Zink. Die Gemische, welche daraus entspringen, die **Schwefelmetalle** (Metalla sulphurata, *Sulfures matalliques*), sind verschieden, nicht bloß nach Verschiedenheit der Metalle selbst, sondern auch bey einem und demselbigen Metalle, je nachdem es regulinisch oder als unvollkommener Kalk mit dem Schwefel vereinigt ist. Die Natur liefert uns dergleichen Verbindungen von Schwefel und Metallen häufig, als **Erze**.

§. 1107. Einige Schwefelmetalle **verwittern** in feuchter Luft. Durch die Verbindung des Metalles und des Schwefels wird die Anziehung derselben zum Sauerstoffe verstärkt; sie entziehen ihn so wohl der Feuchtigkeit, als dem Sauerstoffgas, und es erzeugt sich nun so schwefelsaures Metall. Beym Verwittern des Schwefeleisens (Schwefelkieses) kann auch wohl

Selbstentzündung entstehen (§. 849.). Daß an diesem Verwittern der Schwefelmetalle auch die Feuchtigkeit der Atmosphäre Antheil habe, erhellet aus dem schwefelhaltigen Wasserstoffgas, welches sich bey der Einwirkung von Eisenfeil, Schwefel und Wasser erzeugt.

§. 1108. Merkwürdig ist es, daß, wenn Schwefel und reguliniſche Metalle zusammengeschmolzen werden, bey der ersten Einwirkung des Schwefels darauf, sich Glühen des entstehenden Gemisches zeigt, obgleich die Schmelzhitze nicht das Glühen erreicht, und obgleich alles Sauerstoffgas hierbey ausgeschlossen ist. Der Versuch läßt sich leicht mit einem Gemenge von einem Theile Schwefel und drey Theilen Kupferfeil in einer Glasröhre über Kohlenfeuer anstellen. Die Erklärung des Phänomens ist schon oben (§. 823.) gegeben worden.

§. 1109. Das **Schwefelalkali** ist ebenfalls ein kräftiges Auflösungsmittel für die Metalle auf trockenem Wege. Diese Verbindung löſ't sich auch im Wasser auf. Wenn man zu der Auflösung der mit Schwefelalkali vereinigten Metalle im Wasser eine Säure setzt, so wird das Schwefelalkali natürlicher Weise zerstört, und es fallen der Schwefel und das Metall zusammen nieder. Aber dieser Niederschlag ist keinesweges als reines Schwefelmetall zu betrachten, wie man bisher geglaubt hat, sondern ist eine Verbindung des Metalles mit der Basis des schwefelhaltigen Wasserstoffgas (§. 986.), die man **wasser-**

stoff-

stoffhaltiges Schwefelmetall (Metallum hydrogenio-sulphuratum) nennen könnte. Herr **Berthollet** nennt sie *Hydro-sulfures*.

§. 1110. Im schwefelhaltigen Wasserstoffgas laufen die regulinischen Metalle an, nur Gold und Platin ausgenommen, indem sie daraus wasserstoffhaltigen Schwefel anziehen. Vollkommene Metallkalke werden hierbey zu gleicher Zeit mehr in den regulinischen Zustand gebracht.

§. 1111. Der **Phosphor** geht mit den regulinischen Metallen Vereinigung ein, wie der Schwefel, und macht sie leicht-flüssig.

§. 1112. Mit dem **Kohlenstoffe** gehen nur wenige Metalle Verbindungen ein. Das Reißbley ist ein Beyspiel dieser Zusammensetzung. Von diesen **kohlenstoffhaltigen Metallen** (Metalla carboneata, *Carbures metalliques*) kennt man jetzt, außer dem aus Eisen, noch das aus Kupfer nach Herrn **van Marums** Versuchen. Mir scheint es doch, daß die Metalle, wenn sie mit Kohlenstoff in Vereinigung treten, es als unvollkommene Kalke thun.

§. 1113. Wir betrachten nun noch die Metalle einzeln nach ihren vorzüglichsten Unterscheidungsmerkmalen und Producten. 1) **Gold** (Aurum). Ein edles Metall von einer gelben Farbe. Hat nach dem Platin das größeste eigenthümliche Gewicht unter allen bekannten Materien, eine mäßige Härte, geringe

Federkraft und wenig Klang, eine sehr grosse Zähigkeit und Ductilität, keinen Geruch und keinen Geschmack; ist unwandelbar in der Luft und im Wasser in seinem metallischen Glanze; schmelzt erst in der Weißglühehitze; fließt mit einer Aquamarinfarbe; ist sehr feuerbeständig, und wird im regulinischen Zustande nur von der Salzsäure, und durch sie vom so genannten Königswasser oder Goldscheidewasser, sonst aber von keiner Säure aufgelös't, die es nur im kalkförmigen Zustande auflösen können. Der Kalk des Goldes färbt das Glas roth.

Zu den merkwürdigsten Producten des Goldes gehören:

1) Die Auflösung des Goldes in Königswasser. Sie ist goldgelb von Farbe, und macht auf der Haut purpurrothe Flecke.

2) Das Knallgold (Aurum fulminans), das aus der Auflösung des Goldes durch Niederschlagung mit Ammoniak und Aussüßen mit Wasser erhalten wird.

3) Der Goldpurpur des Cassius (Purpura mineralis), aus der verdünnten Auflösung des Goldes in Königswasser durch Auflösung des Zinnes in Königswasser niedergeschlagen. Er ist Gold- und Zinnkalk, und schön purpurroth von Farbe.

§. 1114. 2) **Platin, Platina** (Platinum). Es ist ein edles Metall von einer silberweißen Farbe. Es kommt aus Peru in America in Gestalt kleiner, rundlicher geflетschter Körner zu uns, die fast das Ansehen des Eisenfeils haben und sich wegen des anklebenden Eisengehalts vom Magnet ziehen lassen, was das reine Platin nicht thut. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Platins ist größer, als das irgend einer bekannten Materie. Es läßt sich dehnen und hämmern, oder ist streckbar, und übertrifft an Festigkeit das Gold. Seine Härte ist geringer als die vom

geschmei-

geschmeidigen Eisen, aber größer, als die vom Kupfer. Es ist sehr streng-flüssig, läßt sich aber im Glühen schweißen; hat keinen Geschmack und keinen Geruch, und verliert an der Luft seinen Glanz nicht. Es wird von keiner bekannten Säure aufgelös't, außer von der Salzsäure, und durch dieselbe vom Königswasser. Diese Auflösung färbt die Haut schwarzbraun.

§. 1115. 3) **Silber** (Argentum). Es ist ein edles Metall von einer weißen Farbe und einem sehr starken Glanze, sehr dehnbar, von einer größern Härte und Federkraft als das Gold, aber von einer geringern, als das Kupfer, und ohne Geruch und Geschmack. Es schmilzt bey einer Hitze, die etwas geringer ist, als die, worin das Gold fließt und die anfangende Weißglühehitze ist. An der Luft ist es keinem Rosten und Beschlagen ausgesetzt, nur durch schweflige Dünste läuft es schwarz, auch wohl bunt, an. Das wirksamste Auflösungsmittel für das Silber ist die Salpetersäure; die Auflösung ist ungefärbt und klar, ätzend und scharf, und färbt die Haut schwarz.

Wir merken: 1) das salpetersaure Silber, aus dem man durch Schmelzen und Verjagen des Krystallisationswassers 2) den Höllenstein (Lapis infernalis lunaris) bereitet; 3) Hornsilber (Luna cornua), oder die Verbindung des Silberkalks mit salzigter Säure; 4) Knallsilber (Argentum fulminans), oder den Niederschlag des Silbers aus der Salpetersäure durch Kalkwasser, der nach dem Aussüßen mit Ammoniak am Tageslichte digerirt worden ist.

§. 1116. 4) **Quecksilber** (Hydrargyrum, Argentum vivum; Mercurius). Es hat den Glanz und

und die Farbe des Silbers, ist in der bey uns gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre stets flüssig, oder geschmolzen, und also das leicht = flüssigste aller Metalle. Es wird erst fest bey einer Verminderung der Wärme bis 40 Gr. unter 0 nach Fahrenheit. Im Feuer ist es flüchtig, es kocht bey 600° nach Fahrenheit, und läßt sich in Dunst oder in expansibele Flüssigkeit verwandeln. Durch Schütteln und Reiben unter Zutritt der Luft verwandelt es sich in einen unvollkommen schwarzgrauen; und durch anhaltendes Erhitzen in einen vollkommenen, dunkelrothen Kalk, der scharf und metallisch schmeckt. Diese und alle Kalke des Quecksilbers lassen sich durch die Glühehitze wieder zu regulinischem Quecksilber herstellen, auch ohne Zusatz von brennlichen Dingen (§. 1081.). Die Salpetersäure lös't das Quecksilber leicht auf, und die Auflösung ist ungefärbt und klar, scharf und ätzend von Geschmack, färbt die Haut schwarz und läßt sich krystallisiren.

Wir merken von den Producten des Quecksilbers:

1) Den durch Schütteln und Reiben des laufenden Quecksilbers zu gewinnenden schwarzgrauen Kalk, oder den Aethiops per se (*Oxide de mercure noirâtre*); 2) den durchs Feuer zu verfertigenden dunkelrothen vollkommenen Quecksilberkalk, oder den Mercurius praecipitatus per se (*Oxide de mercure rouge par le feu*); mit welchem 3) der durchs Abrauchen der Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure und Calciniren des Rückstandes zu erhaltende Quecksilberkalk, oder der Mercurius praecipitatus ruber (*Oxide de mercure par l'acide nitrique*) übereinkommt; 4) den Quecksilbervitriol, oder die Verbindung des Quecksilberkalks mit Schwefelsäure, die nach dem Abwaschen mit heißem Wasser 5) das schöngelbe mineralische Turpeth, Turpethum minerale, (*Oxide de mercure jaune par l'acide sulfurique*) giebt; 5) das salpetersaure Quecksilber; 6) den ätzenden Quecksilbersublimat (Mercurius sublimatus corrosivus); 7) den weißen Präcipitat (Mercurius praecipitatus albus), und 8) das versüßte Quecksilber (Mercu-

(Mercurius dulcis), die alle drey salzigtsaures Quecksilber sind, und sich dadurch unterscheiden, daß in dem erstern der Quecksilberkalk vollkommen verkalkt, in dem dritten unvollkommen verkalkt ist, und in dem zweyten sich mehr oder weniger dem ersten oder dritten nähert.

Die Auflösung anderer Metalle im Quecksilber heißt **Amalgama.**

§. 1117. 5) **Bley** (Plumbum, Saturnus). Seine Farbe ist bläulich-weiß; sein Glanz auf dem frischen Bruche zwar ziemlich stark, es verliert ihn aber bald an der Luft und wird unscheinbar; mit der Zeit rostet es an der Luft und wird mit einem graulich-weißen Beschlage überzogen, der kohlensaurer Bleykalk ist. Die Ductilität des Bleyes ist ziemlich groß, aber seine Zähigkeit und Härte sehr geringe. Es hat einen eigenen Geruch, wenn es gerieben oder gebrannt wird. Im Feuer schmilzt es sehr leicht, vor dem Glühen, bey 540 Gr. Fahrenh. Beym Glühen und in starker Gluth ist es flüchtig und verwandelt sich in einen weißlichen Rauch. Es wird beym Schmelzen leicht verkalkt und in einen grauen Kalk (Bleyasche) verwandelt, der bey stärkerer Hitze gelblich wird (Masticot), dann in eine Art von Zusammensinterung kommt, und eine blaß-röthliche Farbe annimmt (Silberglätte, Bleyglätte), und zuletzt zu einem wirklichen Glase fließt (Bleyglas), das schön durchsichtig, honiggelb, und ansehnlich dicht ist. Die Auflösung des Bleyes in Säuren ist ungefärbt.

Vom Bleye ist zu merken: 1) **die Bleyasche** (Cinis saturni, Calx plumbi grysea), der unvollkommene Kalk des Bleyes, der sich bey der Hitze bildet, die noch nicht das Glühen erreicht; 2) **der Masticot** (Cerussa citrina, *Oxide de plomb jaune*), ein vollkommener Bleykalk, der beym anfangenden Glühen des vorigen Kalks entsteht; 3) **die Bleyglätte** (Lithargyrum, *Oxide de plomb demi-vitreux*), oder der vollkommene Kalk, der eine anfangende Zusammensinterung beym Glü-

hen

ben erlitten hat; 4) die Mennige (Minium, *Oxide de plomb rouge*), der vollkommenste Bleykalk, der aus dem mit Wasser angefeuchteten Masticot durch Calciniren erhalten wird; 5) das Bleyweiß (Cerussa alba), der durch die Dämpfe des Essigs gebildete kohlensaure Bleykalk; 6) das Bleyglas (Vitrum saturni), das durchs völlige Schmelzen aller vorhergenannten Bleykalke entsteht und die Grundlage der Glasur auf dem gemeinen Töpferzeuge ausmacht; 7) der Bleyessig (Acetum lythargyri, *Acetite de plomb*), die Auflösung des Bleykalks in Essigsäure, die durch Abdunsten zu 8) dem Bleyzucker (Saccharum saturni), einem süß schmeckenden Salze anschießt, dessen süßer Geschmack eben zu der gottlosen Verfälschung des Weins mit Bleyglätte Anlaß gegeben hat.

§. 1118. 6) Kupfer (Cuprum, Venus). Es hat eine röthliche Farbe, ist sehr ductil und geschmeidig, von einer großen Zähigkeit, einer beträchtlichen Härte und ziemlichen Federkraft; es ist daher sehr klingend. Beym Reiben und Erhitzen zeigt es einen merklichen und widrigen Geruch. Zum Schmelzen erfordert es eine starke und Weißglühehitze, die man auf 1450° Fahrenh. schätzt. Beym allmähligen Erhitzen unter dem Zutritte der Luft läuft es mit bunten Regenbogenfarben an, und wird endlich mit einem schuppichten Kalke, dem Glühespan, überzogen. In der Glühehitze brennt das Kupfer, wenn die Luft Zugang haben kann, mit einer schönen grünen und blauen Flamme, und einem Rauche, der einen grün-grauen Kalk absetzt. An der Luft verliert das Kupfer bald seinen regulinischen Glanz, und wird, wenn diese feucht ist, auf der Oberfläche mit einem grünen Roste überzogen, der ein kohlensaurer Kupferkalk ist. Fast alle Säuren greifen das regulinische Kupfer geradezu an, und geben damit blaue oder grüne Auflösungen.

Zu den merkwürdigsten Producten des Kupfers gehören:

1) Der Kupfervitriol (Vitriolum de cypro) oder das schwefelsaure Kupfer in blauen Krystallen; 2) das salzigtsaure

saure Kupfer, das bey der Verdünnung mit Wasser eine sympathetische Tinte giebt, wovon die Schriftzüge beym Austrocknen unsichtbar werden und durch Erwärmen wieder gelb zum Vorscheine kommen; 3) das Spangrün, der Grünspan (Viride aeris), ein kohlensaurer, mit etwas Essigsaure verbundener Kupferkalk, durch Hülfe der Essigsäure gebildet; 4) der krystallisirte Grünspan (Viride aeris crystallisatum), oder das krystallisirte essigsaure Kupfer; 5) die schön lasurblaue Auflösung des Kupfers in Ammoniak (Cuprum ammoniacale); 6) das braunschweigische Grün, ein durch die salzigte Säure des Salmiaks gebildeter Kupferkalk.

§. 1119. 7) **Eisen** (Ferrum, Mars). Kein einziges Metall ist einer solchen Abwechselung seiner Eigenschaften fähig, als das Eisen, dergestalt, daß man mit Recht eigene Arten desselben zu unterscheiden genöthigt wird. Dahin gehören: **geschmeidiges Eisen**, **Roheisen** oder **Gußeisen**, und **Stahl**. a) **Geschmeidiges Eisen** (Ferrum cusum, ductile). Es hat eine graulich-weiße Farbe, einen lichtgrauen, glänzenden, faserichthackigen Bruch; seine Härte ist nicht viel größer, als die vom Kupfer; es läßt sich kalt und warm strecken und schmieden, und hat eine große Zähigkeit, eine beträchtliche Dehnbarkeit, eine mäßige Federkraft; es ist höchst schwer-flüssig, und für sich allein unschmelzbar, außer beym Zutritte der Luft oder zwischen Kohlen, wo es in der anhaltenden Weißglühehitze schmilzt, doch mit Veränderung seiner Eigenschaften. Schon in geringerer Hitze wird das Eisen beym Zutritte der Luft verkalkt. Es läuft erst mit bunten Regenbogenfarben auf der Oberfläche an, verwandelt sich dann in Glühespan oder Hammerschlag, was der unvollkommene Kalk des Eisens ist, und dieser wird zuletzt beym anhaltenden Glühen unter dem Zutritte der Luft zu einem röthlich-braunen vollkommenen

nen Kalke, der auch ohne zu schmelzen durch Calciniren mit brennlichen Dingen wieder zum unvollkommenen Kalke herzustellen ist; auch an der Luft verwandelt es sich leicht in Rost: endlich gehört es noch zu den charakteristischen Merkmalen des geschmeidigen Eisens, daß es sich schweißen läßt. b) **Gußeißen, Roheisen** (Ferrum crudum). Es läßt sich weder kalt noch warm schmieden oder strecken; wohl aber bey einer anhaltenden Weißglühehitze, die man auf 1600 Grad Fahrenh. schätzt, für sich allein schmelzen; seine Farbe ist mehr oder weniger lichtgrau, sein Bruch nicht faserricht, sondern mehr oder weniger feinkörnig; seine Härte und Sprödigkeit ausnehmend groß; es hat daher auch einen weit stärkern Klang, als geschmeidiges Eisen; es rostet nicht so leicht, als dieses, und setzt nicht so leicht Glühespan ab. Durch öfteres Glühen und Schmieden wird es in ersteres verwandelt. c) **Stahl** (Chalybs). Er ist Eisen, das, wenn es rothwarm glühet, nach dem plötzlichen Ablöschen im kalten Wasser, härter, spröder und unbiegsamer wird, vor dem Härten aber kalt und warm geschmeidig ist, und auch nach dem Härten durch neues Glühen seine Geschmeidigkeit wieder erlangt. Er hat einen weißen lichtgrauen Glanz, einen feinkörnigen Bruch; und ist einer ungemein großen Härte, aber auch auf der andern Seite wieder der Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit des geschmeidigen Eisens fähig. Er ist für sich allein schmelzbar, rostet später als geschmeidiges Eisen, früher als Roheisen, und setzt später Glühespan ab, als ersteres; er läuft mit lebhaftern Farben des

Regen=

Regenbogens beym Erwärmen an, als das geschmeidige Eisen. Der Unterschied dieser drey Eisensorten rührt daher, daß das **Roheisen** noch nicht den vollkommen regulinischen Zustand hat, sondern noch in einem geringen Grade der Oxidirung ist, über dies aber noch Kohlenstoff, oft bis zur Sättigung, aufgelös't enthält; daß der **Stahl** zwar völlig regulinisch ist, aber auch Kohlenstoff aufgelös't enthält; das **geschmeidige Eisen** aber vollkommen regulinisch ist und keinen Kohlenstoff aufgelös't hat. Allen drey Eisensorten ist es eigenthümlich, nicht nur vom Magnete gezogen zu werden, d. h. retractorisch zu seyn, sondern auch selbst zum Magnete, d. h. attractorisch zu werden. — Das Eisen ist in allen Säuren auflöslich. Den vollkommenen Eisenkalk lösen die Säuren in geringerer Menge auf; daher trüben sich mehrere Eisensolutionen an der Luft, lassen Eisenocher fallen, und verändern ihre grüne Farbe in eine gelbe oder braune.

Es ist vom Eisen zu merken: 1) der Eisenmohr (Aethiops martialis, *Oxide de fer noir*), oder der unvollkommene Kalk des Eisens, wohin auch der Hammerschlag oder Glühespan gehört; 2) der vollkommene Eisenkalk (Crocus martis, *Oxide de fer jaune*), wie z. B. der ausgeglühete Eisenrost; 3) der grüne Eisenvitriol oder das schwefelsaure Eisen (Vitriolum martis); 4) das Berlinerblau (Caeruleum berolinense), oder das blausaure Eisen.

§. 1120. 8) **Zinn** (Stannum, Iupiter). Es hat eine glänzend-weiße Farbe, die etwas bläulicher ist, als die vom Silber; es ist sehr weich, ziemlich dehnbar, wenig zähe, und von einer sehr geringen Federkraft. Es hat daher auch wenig Klang. Es macht, wenn man es biegt oder zwischen den Zähnen

drückt,

drückt, ein besonderes Geräusch; und hat, wenn es gerieben oder erhitzt wird, einen eigenthümlichen, etwas widrigen Geruch. Es schmilzt vor dem Glühen, bey 420 Gr. Fahrenh., und verwandelt sich dann beym Zugange der Luft in ein graues Pulver, das unvollkommener Zinnkalk ist, der beym anhaltenden Glühen endlich weißlich wird. Dieser vollkommene Zinnkalk ist höchst streng-flüssig, und giebt auch mit verglasungsfähigen Substanzen kein durchsichtiges, sondern ein matt-weißes opakes Glas, und macht die Basis des weißen Emails aus. Wenn das fließende Zinn unter dem Zutritte der Luft bis zum Glühen schnell erhitzt wird, so brennt es endlich mit einer kleinen hellweißen Flamme, und giebt einen weißen Dampf. An der Luft verliert das Zinn seinen regulinischen Glanz erst spät, und wird auch nicht mit einem eigentlichen Roste überzogen. Alle Säuren greifen das Zinn an; die Auflösungen sind, wenigstens bey einiger Verdünnung, ungefärbt.

Wir merken: 1) die Zinnasche (Cinis stanni, *Oxide d'étain*), oder den vollkommenen Zinnkalk. 2) Libavs rauchenden Spiritus und die Zinnbutter (Liquor fumans Libavii; Butyrum stanni), eigentlich die concentrirte Verbindung der salzigten Säure mit dem vollkommenen Zinnkalke. 3) Die Composition der Färber, oder die Auflösung des Zinns in Königswasser.

§. 1121. 9) **Zink** (Zincum). Ein weißes Metall, das zwischen dem Spröden und Dehnbaren das Mittel hält, oder halbgeschmeidig ist, und auf dem Bruche eine krystallinische Fügung nicht undeutlich zeigt. Es schmilzt kurz vor dem Glühen, und brennt endlich beym Glühen unter dem Zutritte der Luft mit einer

einer außerordentlich hellen und blendenden Flamme, aus der sich ein sehr lockerer und ungemein weißer Kalk erhebt, der im Feuer sehr beständig ist. An der Luft leidet das Zink nur wenig Veränderung; es verliert seinen metallischen Glanz nur langsam, ohne eigentlich zu rosten. Beym Ausschlusse der Luft ist es in der Glühehitze flüchtig und läßt sich unverändert auftreiben. Es lös't sich in allen Säuren auf und giebt damit ungefärbte Auflösungen.

Von seinen Producten nenne ich nur 1) die Zinkblumen (Flores zinci), oder den vollkommenen Kalk des Zinks, und 2) den weißen Zinkvitriol (Vitriolum zinci) oder das schwefelsaure Zink.

§. 1122. 10) **Wismuth** (Bismuthum). Ein röthlich-weißes sehr sprödes Metall, das ein blätteriches Gefüge hat, ziemlich hart ist, noch vor dem Glühen bey 460 Gr. Fahrenh. schmilzt, beym Glühen unter dem Zutritte der Luft dampft und brennt, und sich beym Ausschlusse der Luft in der Hitze unzersetzt in die Höhe treiben läßt. Beym Schmelzen vor dem Glühen verwandelt es sich unter dem Zutritte der Luft leicht in einen gelb-bräunlichen Kalk, der beym Schmelzen in ein gelbes durchsichtiges Glas übergeht. Das wirksamste Auflösungsmittel für dasselbe ist die Salpetersäure. Die Auflösungen desselben sind ungefärbt, und die Niederschläge daraus weiß.

Ich merke bloß den Wismuthkalk, das Schminkweiß (Calx bismuthi, *Oxide de bismuth blanc*), oder den Niederschlag desselben aus der Auflösung in Salpetersäure durch bloßes Wasser.

§. 1123. 11) **Nickel** (Niccolum). Es hat eine lichtgrau-weiße Farbe; ist etwas streckbar und

sehr

sehr fest; ist sehr streng-flüssig und schmilzt erst bey einer Hitze, wobey Eisen fließt; es ist sehr feuerbeständig, und verwandelt sich schwer in einen schönen hellgrünen Kalk, der mit dem Boraxe zu einem hyacinthfarbenen Glase schmilzt. Die Auflösungen des Nickelmetalls in Säuren sehen grün aus, wie die des Kupfers, und das Ammoniak liefert mit dem Nickelkalke auch eine blaue Auflösung.

§. 1124. 12) **Arsenik, Arsenikmetall** (Arsenicum). Ein sehr sprödes Metall, von einer weißen Farbe auf dem frischen Bruche, und von einer beträchtlichen Härte. An der Luft verliert es sehr bald seinen metallischen Glanz und wird unscheinbar und schwarz. Im Feuer ist es flüchtig und läßt sich beym Ausschlusse der Luft unverändert in die Höhe treiben. Unter dem Zutritte der Luft verkalkt es sich leicht und entzündet sich mit einer weißlich-bläulichen Flamme, die einen sehr weißen dicken Rauch von einem eigenen knoblauchsartigen Geruche verbreitet, der sich als ein weißlicher Kalk ansetzt und selbst noch flüchtig ist (weißer Arsenik). Schon dieser unvollkommene Arsenikkalk zeigt eine salzigte säuerliche Natur und wird zu einer völligen Säure, der **Arseniksäure** (Acidum arsenicicum), wenn er durch Hülfe der Salpetersäure ganz mit Sauerstoff gesättigt worden ist. Die Verbindungen des Arsenikmetalles mit Säuren sind ungefärbt.

Von den Producten des Arseniks sind hier anzuführen: 1) Weißer Arsenik (Arsenicum album, *Oxide d' arsenic blanc*), der unvollkommene, oder noch phlogistisirte Kalk des Arsenikmetalles, der durch eine Sublimation gewonnen wird;

2)

2) Arsenicksäure (*Acidum arsenicicum*; *Acide arsenique*), der vollkommene Kalk des Arsenikmetalles.

§. 1125. 13) **Kobalt** (Cobaltum). Seine Farbe ist grau-weiß; es ist spröde und zerfällt unter dem Hammer; doch zeigt es im Zustande der größesten Reinigkeit Ducilität. Es ist sehr streng-flüssig, und braucht zum Schmelzen eine Hitze, wobey Kupfer fließt; nach dem langsamen Erkalten zeigt es auf seiner Oberfläche eine netzförmige Bildung. Es ist feuerbeständig. Es verliert seinen regulinischen Zustand schon vor dem Schmelzen durch anhaltendes Glühen und Rösten, wie das Eisen, beym Zugange der Luft. Der Kalk des Kobaltmetalles ist schwärzlich; beygemischter Arsenik macht ihn röthlich oder braun. Dieser Kalk ist für sich sehr schwer zu schmelzen, durch das Schmelzen aber geht er in ein Glas über, das so dunkelblau ist, daß man es schwarz nennen könnte; mit anderm Glase verdünnt, wird es aber schön-blau. Die Auflösungen des Kobalts in Säuren sehen röthlich aus. Das Kobaltmetall zeigt Magnetismus.

Ich nenne von den Producten dieses Metalles: 1) die Zaffer oder den Saflor, der geröstete Kobaltkalk, der mit zart gepulvertem Sande oder Kiesel vermengt ist; 2) die Smalte oder blaue Stärke, das durch Kobaltkalk blau tingirte und fein gemahlene Glas; 3) der Kobaltvitriol (Vitriolum cobalti) oder das schwefelsaure Kobalt in schönen rothen Krystallen; 4) Hellots sympathetische Tinte, die man so verfertigt, daß man einen Theil Kobaltmetall, oder auch den gerösteten Kalk davon in drey Theilen Scheidewasser durch Digestion auflös't, die Auflösung mit 24 Theilen Wasser verdünnt, durchseihet, einen Theil Kochsalz zusetzt, und nach dem Auflösen wieder durchseihet. Die Schriftzüge damit verschwinden in der mäßigen Temperatur und in der Kälte auf dem Papiere; kommen aber beym Erwärmen des Papiers schön-grün wieder zum Vorscheine, verschwinden wieder beym Erkalten, und so fort. Das Wesentliche der Tinte ist salzigtsaures Kobalt. 5) Ilsemanns

mann's blaue sympathetische Tinte. Man kocht einen Theil reinen Kobaltkalk in 16 Theilen destillirten Weinessigs in einem Glaskolben im Sandbade, bis etwa vier Theile Essig übrig bleiben; seihet die Auflösung durch, die rosenroth aussehen muß; dann läßt man sie noch um die Hälfte verdampfen, setzt den vierten Theil des angewandten Kobalts an Küchensalz zu, und läßt es zusammen in der Wärme auflösen. Die damit gemachten Schriftzüge verschwinden in der Kälte, kommen aber in der Wärme schön blau zum Vorscheine, und verschwinden wieder in der Kälte.

§. 1126. 14) Spießglanz (Stibium, Regulus antimonii). Es hat eine weiße Farbe, ist mäßig hart, und so spröde, daß es sich leicht pulvern läßt. Es hat ein grobstrahlichtes Gefüge, und nimmt nach dem Schmelzen und ruhigen Erkalten auf der Oberfläche eine sternförmige Bildung an. An der Luft verliert es nur wenig von seinem Glanze und rostet nicht eigentlich. Es besitzt weder Geruch noch Geschmack. Es schmilzt bey dem Glühen in einer Hitze, die man auf 810 Gr. Fahrenh. schätzt. In der Weißglühehitze läßt es sich in verschlossenen Gefäßen in die Höhe treiben; beym Zutritte der Luft hingegen verwandelt es sich in einen weißen Rauch, der sich in Gestalt weißer glänzender Nadeln anlegt, die einen unvollkommenen Kalk des Spießglanzmetalles vorstellen und daher auch noch flüchtig sind. Der vollkommene Kalk, der auch weiß aussieht, ist feuerbeständig, und höchst streng-flüssig. Die Auflösungen des Spießglanzmetalles in Säuren sind ungefärbt.

Von den zahlreichen Zubereitungen des Spießglanzmetalles merke ich nur: 1) das Glas vom Spießglanze (Vitrum antimonii), den geschmolzenen und mit etwas Schwefel verbundenen unvollkommenen Spießglanzkalk; 2) das schweißtreibende Spießglanz (Antimonium diaphoreticum), oder den vollkommenen Kalk des Spießglanzmetalles; 3) die Spießglanzbutter (Butyrum antimonii), oder die concentrirte Verbindung des Spießglanzkalkes mit salzigter Säure; 4) den Brechweinstein (Tartarus eme-

emeticus), die Verbindung des Weinsteines mit unvollkommenem Spießglanzkalke.

§. 1127. 15) **Magnesium, Braunsteinmetall** (Magnesium). Es ist weiß von Farbe, hart und spröde, von einem körnigen Bruche, sehr streng=flüssig und schmilzt später, als Roheisen. Auch ohne zu schmelzen wird es im Feuer leicht verkalkt und in ein schwarzes Pulver verwandelt; dies geschieht auch in der Luft. Dieser Kalk ist äußerst feuerbeständig. Die Auflösungen des reinen Magnesiums in Säuren sind farbenlos.

Ich zeige von dem Magnesium an: 1) den rohen Braunstein, (Magnesia nigra), der der natürliche und vollkommene Kalk des Braunsteinmetalles ist, und eine beträchtliche Menge Sauerstoff enthält, den er zum Theil beym Glühen als Lebensluft fahren läßt; weswegen man ihn auch zur Bereitung der letztern vorzüglich anwendet. 2) Das mineralische Chamäleon. Man nimmt dazu drey Theile Salpeter und einen Theil Braunstein, reibt beyde sehr fein zusammen, und erhält das Gemenge in einem Tiegel so lange glühend, bis die Masse nicht mehr schmilzt, sondern ein trockenes erdichtes Ansehen erhält; worauf man sie in einem gut verstopften Glase aufbewahren muß. Wenn man etwas von dem Pulver in ein Glas mit Brunnenwasser wirft, so wird das Wasser grün, dann violett, hierauf röthlich, und zuletzt entfärbt es sich ganz, und der Braunstein fällt in seiner natürlichen Farbe zu Boden.

§. 1128. 16) **Molybdänmetall** (Molybdaenum). Es ist in dem **Wasserbleye** (Molybdaena) mit etwas Schwefel vereinigt. Sein Kalk zeigt eine saure Natur und bildet eine eigenthümliche Säure, die **Molybdänsäure** (Acidum molybdaenicum, *Ac. molybdique*).

Von den Producten aus Molybdänmetall erwähne ich bloß des blauen Carmins. (J. B. Richter über die neuern Gegenstände der Chemie. St. II. Bresl. und Hirschberg 1792. 8. S. 97.)

§. 1129. 17) **Wolframmetall** (Wolframium) ist die metallische Substanz, die einen Bestandtheil des **Tungsteins** oder Schwersteins und des **Wolframs** ausmacht. Der vollkommene Kalk dieses Metalles ist gelb von Farbe, und hat Eigenschaften einer Säure, die als eine eigenthümliche Säure oben (§. 864.) unter dem Namen der Wolframsäure erwähnt worden. Die Reduction des reinen Kalkes zu einem massiven Regulus ist bis jetzt noch zweifelhaft, obgleich andere Eigenschaften desselben seine metallische Natur außer Zweifel setzen.

§. 1130. 18) **Uranium.** Dieses Metall ist erst von Hrn. **Klaproth** endeckt worden, und sein Kalk macht einen Bestandtheil in der so genannten **Pechblende** und dem **grünen Glimmer**. Dieser Kalk hat eine gelbe Farbe und liefert mit der Salpetersäure zeisiggrüne Krystalle.

Chemische Untersuchung des Uranits, einer neu entdeckten metallischen Substanz, vom Hrn. Prof. Klaproth; in Crells chem. Annalen. 1789. B. II. S. 387. ff. J. B. Richter über die neuern Gegenstände der Chemie, vorzüglich das neu entdeckte Halbmetall Uranium. Bresl. und Hirschberg. 1791. S. 1. ff.

§. 1131. 19) **Titanium**, die neueste metallische Substanz, die Hr. **Klaproth** in dem so genannten **rothen Schörl** entdeckt hat.

Mart. Heinr. Klaproths Untersuchung des hungarischen rothen Schörls; in seinen *Beiträgen zur chemischen Kenntniſs der Mineralkörper*. B. I. Posen und Berlin. 1795. 8. S. 233. ff.

Zusam-

Zusammengesetzte Substanzen organischer Körper.

§. 1132. Die organischen Körper bestehen aus einer nur geringen Anzahl von Grundstoffen; und die große Verschiedenheit, die wir in den so mannigfaltigen Producten derselben in Ansehung ihrer sinnlichen Eigenschaften antreffen, rührt nicht immer von dem Unterschiede in der Qualität, als vielmehr von dem verschiedenen quantitativen Verhältnisse in der Verbindung der Grundstoffe her.

§. 1133. So weit die chemische Zergliederung der Körper der Pflanzen und Thiere jetzt reicht, hat man folgende einfachere Grundstoffe in ihnen angetroffen. Außer dem **Brennstoffe**, der in allen und jedem dieser Körper und ihrer Producte zugegen ist: **Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Sauerstoff**; dann auch **Schwefel, feuerbeständige Alkalien, Kalkerde** und **Eisen**.

§. 1134. Aus diesen Grundstoffen sind die eigenthümlichen Zusammensetzungen gebildet, die man als **nähere** oder **unmittelbare Bestandtheile** der organischen Körper ansehen kann, und durch deren Aggregation der Bau der letztern aufgeführt ist. Diese Zusammensetzungen sind bloß das Werk lebender Organe, und die Kunst vermag sie zwar in ihre Grundstoffe zu zerlegen, kann sie aber nicht hervorbringen.

Bestandtheile der Körper des Pflanzenreichs.

§. 1135. Die Körper des **Gewächsreiches** zeigen folgende wesentliche, nähere Bestandtheile (§. 1134.): 1) **Schleim**; 2) **Zucker**; 3) **Stärke**; 4) **Kleber**; 5) **Eyweißstoff**; 6) **Weinstein**; 7) **Weinsteinsäure**; 8) **Sauerkleesalz**; 9) **Sauerkleesäure**; 10) **Citronensäure**; 11) **Aepfelsäure**; 12) **Benzoesäure**; 13) **Gallussäure**; 14) **Harz**; 15) **Gummiharz**; 16) **Federharz**; 17) **fettes Oehl**; 18) **Aetherisches Oehl**; 19) **Kampher**; 20) **scharfer Stoff**; 21) **narkotischer Stoff**; 22) **fadiges Gewebe**.

§. 1136. Wenn frische Pflanzen einer Hitze ausgesetzt werden, die nicht über den Siedepunct des Wassers geht, so werden sie **ausgetrocknet** oder **gedörrt**. Sie entlassen hierbey ihr wesentliches **Wasser**, das ohne Zweifel als solches einen Bestandtheil in ihnen vorher ausmachte; aber sie können auch andere wesentliche oder nähere Bestandtheile in dieser Temperatur verlieren und dadurch beträchtliche Aenderungen ihrer Kräfte und Eigenschaften erleiden, wie z. B. das ätherische Oehl den scharfen und den narkotischen Grundstoff.

§. 1137. In einer Hitze, die den Siedepunct des Wassers übersteigt, erfahren die vegetabilischen Körper eine noch weit merklichere Veränderung. Sie werden **geröstet**; ihre Mischung wird augenscheinlich verändert, und ihre Grundstoffe treten durch Einfluß

des

des Wärmestoffes in andere Verhältnisse und zu neuen Producten zusammen, wie schon daraus abzunehmen ist, daß sie durch dieses Rösten sämmtlich einen eignen Geruch und Geschmack erhalten, den man den **brenzlichen** (Empyreuma) nennt, und der vorher nicht wahrzunehmen war.

§. 1138. Bey einer stärkern Hitze und dem gehörigen Zutritte der Luft entzünden sich endlich die vegetabilischen Körper, **brennen** sämmtlich mit **Flamme**, und lassen nach dem völligen **Einäschern** einen feuerbeständigen Rest, der gegen das Ganze immer nur sehr wenig beträgt.

§. 1139. Der **Ruß** (Fuligo), der sich aus der Flamme der brennenden Vegetabilien ansetzt, ist Kohlenstoff, der wegen des nicht vollständigen Zutritts der Luft zum Innern der Flamme nicht verbrennen konnte, und theils mit dem Rauche mechanisch fortgerissen, theils daraus niedergeschlagen wurde. Es können ihm freylich mehr oder weniger fremdartige Theile anhängen, und er kann deshalb von verschiedener Beschaffenheit seyn.

Glanzruß. Flatterruß. Oehlruß. Kienruß.

§. 1140. Alle diese Theile, welche bey dem Rösten und Verbrennen der vegetabilischen Körper sich zerstreuen, kann man auffangen und solcher Gestalt näher untersuchen, wenn man die Erhitzung derselben bis zu eben dem Grade in einer Retorte vornimmt, die mit dem nöthigen Apparate verbunden ist. Man nehme z. B. Späne von Büchenholz, fülle damit eine beschlagene irdene Retorte bis zu zwey Drittel an,

kütte

kütte eine gläserne gekrümmte Röhre mit einer oder mehrern Mittelflaschen luftdicht an ihren Hals, und lasse die Mündung der letztern Leitungsröhre unter den Trichter der mit heißem Wasser oder mit Quecksilber gefüllten pneumatischen Wanne treten. Man gebe gelindes Feuer, und verstärke es allmählig bis zuletzt zum Glühen der Retorte. Anfangs entweicht die atmosphärische Luft der Geräthschaft; dann gehen eigene Gasarten und Nebel über; die erstern treten unter die Recipienten der Wanne, die letztern verdichten sich durch Abkühlung in den Mittelflaschen.

§. 1141. Man erhält hierbey eine außerordentlich große Menge von Gas. Ein großer Theil desselben ist **kohlensaures Gas**, und läßt sich durch Kalkwasser, Kalkmilch, oder ätzende Lauge scheiden. Das zurückbleibende Gas ist entzündbar, hat einen unangenehmen, brenzlichen Geruch, und besitzt Eigenschaften des Wasserstoffgas; unterscheidet sich aber von dem reinen Wasserstoffgas durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, durch eine consistentere Flamme, mit der es brennt, und dadurch, daß es, bey seinem Abbrennen mit Lebensluft in verschlossenen Gefäßen, nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure liefert, auch nachdem es aufs sorgfältigste von allem anhängenden kohlensauren Gas vorher befreyet worden ist. Es constituirt also eine eigene Gasart, die man **kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas** (Gas hydrogenium carboneatum, *Gaz hydrogène carboné*) *) nennt.

*) Synonyma: **Schweres brennbares Gas.**

§. 1142.

§. 1142. Die Erscheinungen dieses Gas zeigen also, daß Wasserstoff und Kohlenstoff zusammen seine Basis ausmachen, und folglich Bestandtheile des Holzes gewesen seyn müssen, woraus man es erhält. Das kohlensaure Gas, das man zugleich mit gewinnt, setzt voraus, daß außer dem Kohlenstoffe auch noch Sauerstoff darin zugegen seyn müsse. Uebrigens aber ist die Kohlensäure nicht präexistirend als solche im Holze zugegen gewesen, sondern es waren ihre Grundstoffe vorher in andern Verhältnissen und mit den andern Bestandtheilen zu andern Zusammensetzungen vereinigt. Erst bey der Erhitzung bis zu einem gewissen Grade tritt ein Antheil Kohlenstoff mit einem Antheile Sauerstoff zur Kohlensäure zusammen und bildet mit dem Wärmestoffe kohlensaures Gas, zugleich aber vereinigt sich ein Antheil Brennstoff und Wasserstoff des Holzes in Verbindung mit etwas Kohlenstoff mit dem Wärmestoffe und tritt als kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas aus. Dieses entzündbare Gas ist es, welches beym Erhitzen des Holzes im Freyen die Flamme bildet, womit das Holz verbrennt.

§. 1143. Die übrigen flüchtigen Theile, die außer den Gasarten bey der trockenen Destillation des Holzes (§. 1140.) ausgetrieben werden, verdichten sich in den Mittelflaschen durch Abkühlung zu tropfbaren Flüssigkeiten. Sie bilden theils eine wässerige Flüssigkeit, die gelbroth von Farbe, brenzlich von Geruch, und offenbar **sauer** ist, und die man sonst einen **Spiritus** nannte; theils ein **Oehl**, von einem starken brenzlichen Geruche und einem scharfen Ge=

Geschmacke, welches auf der wässerigen sauern Flüssigkeit schwimmt, anfangs dünner und heller ist, zuletzt aber bey zunehmender Hitze dunkler von Farbe, dicker von Consistenz, und zäher und pechartiger wird. Die erhaltene saure Flüssigkeit ist bey ihrer gehörigen Reinigung nicht von der Essigsäure verschieden. Sie hat eine zusammengesetzte Grundlage aus Kohlenstoff und Wasserstoff; sie präexistirte vorher, als solche, nicht im Holze; sondern ihre Bestandtheile waren in andern Verhältnissen unter einander verbunden, und selbst ihr wässeriger Antheil ist erst ein Product des Feuers, aus dem Wasserstoffe und Sauerstoffe des Holzes neu erzeugt. Auch das **brenzligte Oehl** (Oleum empyreumaticum) ist ein Product, und kein Educt, und präexistirte vorher nicht als solches im Holze. Bey seinem Verbrennen mit Lebensluft bildet sich Wasser und Kohlensäure, und seine Bestandtheile sind auch Brennstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und etwas Sauerstoff. Das Verhältniß des Kohlenstoffes darin ist desto größer, je später es überdestillirt und je größer die Hitze dabey ist.

§. 1144. Einige Pflanzen geben bey der trockenen Destillation keine saure Flüssigkeit, wie das Holz, sondern vielmehr Ammoniak. Dieses Ammoniak konnte nicht vorher, als solches, in den Pflanzen gegenwärtig seyn, wo es sich auch durch nichts darin darthun läßt; sondern es wird ebenfalls erst aus seinen Bestandtheilen in stärkerer Hitze zusammengesetzt, und zeigt, daß auch der **Stickstoff** in die Mischung

sehr

sehr vieler Pflanzen und ihrer nähern Bestandtheile eingeht.

§. 1145. Der Rückstand nach der Destillation des Holzes (§. 1140.) ist nun die **Kohle**. Sie ist nur der Antheil des Kohlenstoffes des Holzes, der nicht mehr Sauerstoff genug antraf, um als Kohlensäure auszutreten, noch Wasserstoff, um als kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, oder beydes zusammen, um als empyreumatische Säure oder als empyreumatisches Oehl überzugehen. Sie würde reiner Kohlenstoff seyn, wenn nicht in dem Holze noch andere fremdartige, feuerbeständige, salzige und erdige Theile wären, die damit innigst vermengt zurückbleiben.

§. 1146. Bey dem Verbrennen des Holzes sowohl, als aller vegetabilischen Körper, unter dem vollkommenen Zutritte der freyen Luft, wird der Antheil Kohlenstoff, der bey trockener Destillation zurückbleibt, durch Aufnahme des Sauerstoffes zur Kohlensäure, die als Gas entweicht, und es bleibt dann bloß die **Asche** (Cinis) zurück, ein zur Unterhaltung des Feuers nicht weiter geschicktes Pulver, das die feuerbeständigen Theile des Körpers ohne weitern Zusammenhang in sich enthält. Außer den erdigen Theilen enthält die Asche der Gewächse noch salzige Theile, die sich durch Auslaugen mit Wasser von jenen trennen lassen. Die meisten Pflanzen liefern so aus ihrer Asche durch Auslaugen, und durch Eindicken und Abrauchen der Lauge bis zur Trockniß, **Gewächsalkali** (§. 879.), das eben daher den Namen erhalten hat.

hat. Es ist immer mit etwas Kohlensäure verbunden, die wohl von der Zersetzung der Kohle beym Verbrennen an das Alkali getreten ist; sonst enthält es aber auch noch verschiedene andere Salze, die es verunreinigen, wie z. B. schwefelsaures Gewächsalkali. Die so genannte **Pottasche** (Cineres clavellati) ist ein solches, wiewohl unreines, Gewächsalkali, aus der Asche der Holzarten gewonnen. Die Asche verschiedener am gesalznen Meerufer wachsenden Kräuter unterscheidet sich von andern dadurch, daß sie **mineralisches Alkali** enthält. Dergleichen Asche ist die **Soda** (§. 881.).

§. 1147. Die nach dem Auslaugen der Asche der Pflanzen zurück bleibenden erdigen Theile sind nach Beschaffenheit des Bodens, worauf die Pflanze wuchs, verschieden, und mehrentheils Kalk-, Thon- und Kieselerde; manchmal auch phosphorsaure Kalkerde. Oft enthält diese Pflanzenerde auch Eisenkalk.

§. 1148. Noch sind hier die Unterschiede der einzelnen nähern Bestandtheile der Körper des Pflanzenreichs (§. 1135.) und ihre Grundstoffe anzuzeigen.

§. 1149. 1) **Der Schleim** (Mucillago), das **Gummi**, löſ't sich im kalten und heißen Wasser, aber nicht im Alcohol und in ätherischen Oehlen auf; er ertheilt dem Wasser Viscosität, ohne erheblichen Geschmack; ist im reinen Zustande, nach dem Austrocknen durchsichtig, geruchlos, in der Wärme nicht zergehend, spröde und zerreiblich. Er ist ein vorzüglicher

licher Bestandtheil aller und jeder Pflanzen und ihrer Theile; nur läßt er sich nicht aus allen, wegen der zu gleicher Zeit darin befindlichen und auch in dem Wasser auflösbaren, andern Bestandtheile, gleich rein darstellen. Aus einigen Gewächsen quillt dieser Schleim auch von selbst aus, wie das **arabische Gummi**, das **Kirschgummi** beweiset.

§. 1150. Die Grundstoffe des Gummi oder Schleimes sind: Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 1151. 2) Das **Harz** (Resina) ist im Alcohol und ätherischen Oehle, aber nicht im Wasser auflösbar, zergeht in der Wärme und wird flüssig, läßt sich an der Flamme leicht entzünden, brennt mit einer rußigen Flamme, und hinterläßt eine Kohle nach dem Abbrennen. Verschiedene Gewächse lassen das Harz entweder durch gemachte Einschnitte, oder auch, zumal im Alter, von selbst hervorquellen. Gewöhnlich sind diese natürlichen Harze mit ätherischem Oehle verbunden und dadurch verdünnt; sie haben davon Geruch und flüssige Consistenz, und heißen **natürliche Balsame**. Erst nach dem völligen Verdunsten des Oehls bleibt das reine Harz zurück.

§. 1152. Auch das Harz besteht aus Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 1153. 3) Das **Gummiharz** (Gummi resina) ist nicht als ein Gemenge aus Gummi und Harz, sondern als ein eigenthümliches Gemisch anzusehen,

das sich weder ganz im Wasser noch in Alcohol klar auflösen läßt. Es bildet in den Pflanzen häufig einen milchichten Saft, der durchs Austrocknen fest wird, ist in der Wärme zähe, läßt sich aber nicht wie ein Harz schmelzen. Seine Grundstoffe sind: Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 1154. Eine Materie eigener Art macht 4) das **Federharz** (Gummi elasticum, Caoutchouc) aus. Es lös't sich weder im Wasser noch im Weingeiste auf, wohl aber durch Hülfe der Wärme in fetten und ätherischen Oehlen, und auch im Aether. In der Hitze läßt es sich, wie die Harze, erweichen, und fließt endlich zu einer schwärzlichen Masse, nimmt aber nach dem Erkalten die Federkraft nicht wieder an. Es brennt auch in der Flamme eines Lichts. Es besteht aus Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff.

§. 1155. Die Saamen der Getreidearten geben durchs Zermalmen und Durchbeuteln das bekannte **Mehl**, das sich auch aus einigen andern Theilen der Pflanzen, wie aus einigen Wurzeln und Früchten, obwohl nicht in gleicher Reinigkeit, darstellen läßt. Wenn man Mehl, vorzüglich Weitzenmehl, mit kaltem Wasser erst zu einem festen Breye knetet, und diesen zwischen den Händen durch darauf fließendes kaltes Wasser so lange wäscht, bis das Spülwasser nicht mehr milchicht und trübe, sondern klar und helle abfließt; so bleibt eine graue, zähe, contractile, glänzende, weiche Masse übrig, die sich im Wasser, im

Wein-

Weingeiste und in Oehlen nicht auflösen läßt, in der Wärme zu einer halbdurchsichtigen, hornartigen Materie austrocknet, am Feuer unter einem hornartigen Geruche verbrennt, und mit Wasser angefeuchtet in Fäulniß übergeht. Concentrirte Säuren und ätzende Alkalien lösen sie auf; doch letztere nur in der Hitze. Diese Materie heißt 5) der **Kleber** (Colla, Gluten). Im Weitzenmehle ist dieser Kleber am häufigsten; und andere Mehlarten sind desto weniger nährend, je geringer das Verhältniß desselben darin zu den übrigen Bestandtheilen ist.

§. 1156. Der Kleber ist zusammengesetzt aus Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Stickstoff und Sauerstoff.

§. 1157. Der andere und vorwaltende Grundtheil des Mehls ist 6) die **Stärke** (Amylum). Sie sondert sich aus dem zur Darstellung des Klebers (§. 1155.) gebrauchten Spülwasser durch die Ruhe, als ein weißer lockerer Bodensatz, ab, der nach dem Trockenen unschmackhaft und geruchlos ist, sich im kalten Wasser, im Weingeiste und in Oehlen nicht auflös't, wohl aber im heißen Wasser. Sie ist kein Schleim, ob sie sich gleich demselben in der Mischung nähert. Sie läßt sich auch aus mehrern frischen Wurzeln und mehligen Früchten durch Zerreiben derselben mit kaltem Wasser scheiden. — Die Bestandtheile der Stärke sind: Brennstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff.

§. 1158. Aus dem frisch ausgepreßten klaren Safte verschiedener Gewächse, z. B. der Kresse, des Weißkohls, läßt sich durch Kochen 7) eine Materie scheiden, die sich als Schaum oder auch in Flocken absondert, und die alle Aehnlichkeit mit dem in der Folge anzuführenden **Eyweißstoffe** (Materia albuminosa) des Thierreichs besitzt.

§. 1159. 8) Der **Zucker** (Saccharum) macht ein eigenes, wesentliches Salz der Pflanzen aus. Unser gewöhnlicher Zucker wird aus dem Safte des Zuckerrohrs durchs Abrauchen erhalten, und stellt nach der völligen Reinigung von andern Theilen ein festes, weißes Salz dar, von einem süßen Geschmacke, das sich im Wasser leicht, und auch im Weingeiste auflös't, und sich auch in regelmäßiger Gestalt krystallisiren läßt, wie der Candiszucker beweiset. Er macht die Lackmustinctur nicht roth, das Curcumapapier nicht braun. Auf glühenden Kohlen verbrannt, stößt er einen stechend-säuerlichen Dampf aus, verpufft mit Salpeter, und geht nach der Verdünnung mit Wasser in die weinichte und endlich in die Essiggährung über. Der Zucker ist in dem Pflanzenreiche ziemlich häufig verbreitet, und ein und derselbe Bestandtheil in allen süß schmeckenden Früchten und Pflanzen; nur läßt er sich freylich wegen der übrigen schleimigen und auszugartigen Theile nicht aus allen gleich rein, und noch weniger vortheilhaft darstellen. Der Zucker besteht aus Brennstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff.

§. 1160.

§. 1160. 9) Die **Weinsteinsäure** (Acidum tartaricum) ist ein Bestandtheil des 10) **Weinsteins** (Tartarus), eines wesentlichen Pflanzensalzes, das sich aus dem Moste, zumal aus herbem, bey der Weingährung scheidet; und worin sie mit dem Gewächsalkali verbunden, aber noch nicht gesättigt ist, so daß auch der Weinstein deswegen als ein säuerliches Salz erscheint. Sonst ist sie aber auch noch in einigen sauern Früchten, wie z. B. in den Tamarinden, in den Beeren des Gerberbaums, enthalten. Die reine Weinsteinsäure schießt in blätterförmigen Krystallen an, die an der Luft beständig sind, in der Hitze zersetzt werden und im Feuer verbrennen. Die Weinsteinsäure besteht aus denselbigen Bestandtheilen, als der Zucker; aber der Sauerstoff ist darin in einem größern, und die übrigen Grundstoffe sind in einem geringern Verhältnisse als in jenem.

§. 1161. 11) Die Sauerkleesäure oder **Zuckersäure** (Acidum oxalicum) ist im 12) **Sauerkleesalze** (Sal acetosellae) mit einem Theile Gewächsalkali verbunden, aber nicht damit gesättigt, so daß dieses auch als ein wesentliches saures Salz erscheint. Sie läßt sich auch durch Kunst aus dem Zucker, der Stärke, dem Schleime, der Weinsteinsäure und andern Pflanzenstoffen, dadurch darstellen, daß man diese vermittelst der Salpetersäure bis auf einen gewissen Grad mit mehrerm Sauerstoffe verbindet. Sie schießt in spießichten, oder dünnen vierseitigen prismatischen Krystallen an, die sehr sauer schmecken, an der Luft in der Wärme verwittern, in der Hitze zersetzt werden, und

sich

sich auch brennbarhaltig zeigen. Die Sauerkleesäure hat mit der Weinsteinsäure einerley Grundstoffe gemein, aber in einem andern quantitativen Verhältnisse.

§. 1162. 13) Die **Zitronensäure** (Acidum citricum) ist in dem **Zitronensafte** (Succus citri) in Verbindung mit schleimigen Theilen, und sonst noch in andern sauern Säften, z. B. der Johannisbeeren, der sauern Kirschen, der Moosbeeren, der Preußelbeeren, der unreifen Weintrauben, u. a., enthalten. Diese Säure ist im reinen Zustande krystallisirbar, und hat einerley Radical (§. 871.) mit der Weinsteinsäure und Sauerkleesäure, nur in einem andern Verhältnisse der Grundstoffe desselben.

§. 1163. 14) Die **Aepfelsäure** (Acidum malicum) findet sich in den Säften saurer Aepfel, sonst aber auch in andern sauern Früchten, wie in den Berberitzen, Hollunderbeeren, Schlehen, Pflaumen, u. a. Sie läßt sich nicht zu festen Krystallen bringen, und unterscheidet sich von der Weinsteinsäure, Zitronensäure und Sauerkleesäure durch ein anderes Verhältniß der Grundbestandtheile.

§. 1164. 15) Die **Benzoesäure** (Acidum benzoïcum) macht in dem **Benzoeharze** (Benzoë) einen nähern Bestandtheil, und kann daraus entweder durch gelinde Sublimation, oder durch Auskochen mit alkalischen Laugen oder Kalkwasser geschieden werden. Sie ist eine flüchtige Säure, und erscheint in weißen, glänzelnden Nadeln (**Benzoeblumen**). Ihr Geschmack ist nicht hervorstechend sauer. Sie löſ't

sich

sich im kalten Wasser schwer, leichter im kochenden auf. An der Luft sind die Krystalle beständig. Im Weingeiste sind sie auflösbar, und auf glühenden Kohlen brennbar. Auch das Radical von dieser Säure ist aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt.

§. 1165. 16) Der **zusammenziehende Stoff** (Principium adstringens) äußert sich in den Gewächsen durch den zusammenziehenden Geschmack, den sie verursachen, und dadurch, daß die wässerige oder geistige Ausziehung derselben mit der Auflösung des Eisens in Säuren einen schwarzen Niederschlag bewirkt. Beyspiele geben: die Galläpfel, die Rinde der Eiche, der Granatäpfel, der Schmack, u. a. Unsere **gemeine Tinte** ist ein solcher Niederschlag des Eisens durch den zusammenziehenden Stoff. Wenn dieser zusammenziehende Stoff von den ihm anhängenden färbenden, gummigen und harzigen Theilen befreyet worden ist, so zeigt er sich als ein weißes, nadelförmiges, saures Salz, das man Gallussäure genannt hat. Es ist in der Hitze flüchtig; auf glühenden Kohlen ist es entzündlich. Mit Salpetersäure behandelt, giebt es Sauerkleesäure. Der schwarze Niederschlag, den der zusammenziehende Stoff mit dem Eisen macht, ist in einem Ueberschusse von andern Säuren auflöslich, wodurch die schwarze Farbe wieder verschwindet, die sich aber dann wieder durch Alkali zum Vorscheine bringen läßt. Kohlenstoff und Wasserstoff machen auch das Radical dieser Säure aus.

§. 1166.

§. 1166. 17) Aus mehrern Saamen und Kernen, z. B. dem Leinsaamen, dem Mohnsaamen, den Mandeln, so wie auch aus einigen Früchten der Pflanzen, z. B. den Oliven, läßt sich eine flüssige Materie auspressen, welche durch Hülfe eines Dochtes die Flamme ernährt, und sich nicht in Wasser auflösen läßt, also ein **Oehl**, und zwar ein solches, das sich nicht im Weingeiste auflös't, auf Papier getröpfelt einen Fleck macht, der durchs Erwärmen nicht wieder vergeht, und wenn es rein ist, keinen erheblichen Geruch und einen milden Geschmack besitzt. Man nennt es ein **fettes Oehl** (Oleum unguinosum). Zum Sieden erfordern diese Oehle eine starke Hitze, die man auf 600 Grad nach Fahrenheit rechnet. Sie sind sämmtlich specifisch leichter als Wasser. Einige trocknen an der Luft aus, andere bleiben stets schmierig. Einige sind in der gewöhnlichen Temperatur unserer Atmosphäre flüssig, andere hart und spröde; jene nennt man auch **Pflanzenbutter**. Das **Wachs** kann man gewisser Maßen zu den fetten Oehlen rechnen. Die fetten Oehle sind außer dem Brennstoffe fast bloß aus Kohlenstoff und Wasserstoff, und nur aus wenigem Sauerstoffe zusammengesetzt.

§. 1167. Mit den ätzenden Alkalien verbinden sich die fetten Oehle vollkommen und innigst, und werden damit zu einer neuen Materie, die sich in Wasser und Alcohol auflösen läßt, zur **Seife** (Sapo). Die Seifen werden durch alle Säuren wieder zersetzt, und das Oehl daraus abgeschieden, wiewohl in veränderter Natur. Auch alle Verbindungen der Säuren mit

Stoffen,

Stoffen, mit denen sie nicht so nahe verwandt sind, als mit den feuerbeständigen Alkalien, zersetzen die aus letztern bereiteten Seifen. Verschiedene Wässer, besonders aus Brunnen, lösen aus eben dieser Ursache die Seifen nur unvollkommen auf und zersetzen sie. Man nennt diese Wässer **hart** (Aquae durae). Die **weichen Wässer** hingegen (Aquae molles), wie die atmosphärischen und das destillirte Wasser, lösen die Seifen vollkommen auf.

§. 1168. 18) Verschiedene stark riechende und schmeckende Pflanzen, oder ihre Theile, ertheilen nicht nur dem darüber abgezogenen oder destillirten Wasser ihren Geruch, sondern es geht auch zugleich mit dem Wasser ein Oehl über, das von den fetten Oehlen wesentlich verschieden ist, wie schon daraus zu sehen ist, daß es sich mit Wasser destilliren läßt. Es erfordert also eine geringere Hitze zum Sieden, als die fetten Oehle, hinterläßt auf dem Papiere keinen Fleck, wenn man dieses anwärmt, ist in der Wärme leicht verdunstbar, hat einen durchdringenden Geruch, der in allem mit dem Geruche der Pflanze übereinkommt, woraus es destillirt worden ist; es lös't sich in Weingeist auf, und läßt sich durch die Flamme eines Lichts anzünden. Man nennt diese Oehle **ätherische**, **riechende** oder **destillirte Oehle** (Olea aetherea, destillata), auch wohl **wesentliche Oehle**; doch kommt der letztere Name mit allem Rechte auch den fetten Oehlen zu. Die mehresten ätherischen Oehle sind leichter, als das Wasser, und schwimmen oben auf; nur einige, besonders aus Gewürzpflanzen heißer Länder, sinken im

Wasser zu Boden. Ferner unterscheiden sie sich in der Consistenz, und besonders auch in der Farbe. Im Wasser lösen sie sich einiger Maßen auf und ertheilen ihm ihren Geruch und Geschmack. Die Grundstoffe des ätherischen Oehles sind außer dem Brennstoffe, Wasserstoff und Kohlenstoff.

§. 1169. 19) Eine andere eigenthümliche Materie der Pflanzen, die aber seltener in ihnen anzutreffen ist, ist der **Kampher** (Camphora), eine weiße, nicht fettig und auch nicht scharf anzufühlende, feste, durchscheinende, glänzende Materie, von einem starken und durchdringenden Geruche und Geschmacke, die sehr flüchtig ist, in gelinder Wärme schmilzt, sich sehr leicht anzünden läßt, und ohne Rückstand zu hinterlassen, mit starkem Rauche und Ruß verbrennt. Der Kampher ist im Wasser nicht auflösbar, aber im Weingeiste und in Oehlen. Er besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff.

§. 1170. 20) Der **scharfe Pflanzenstoff** (Materia acris pl.) muß als ein eigener näherer Bestandtheil im Pflanzenreiche unterschieden werden. Mehrere Pflanzen nämlich, die übrigens geruchlos sind, haben einen sehr brennenden und scharfen Geschmack, sie erregen, wenn sie frisch auf die Haut applicirt werden, Röthe, örtliche Entzündungen, ziehen Blasen. Durchs Trocknen verliert sich diese Schärfe ganz oder größten Theils. Das Wasser, das man über diese Pflanzen abzieht, erhält dagegen alle Schärfe und alles Reizende. Beyspiele geben: die frischen Wurzeln vom

Arum,

Arum, von der Meerzwiebel, von der Zeitlose, der frische Hahnenfuß, u. a. In verschiedenen Gewächsen ist dieser scharfe und flüchtige Stoff mit ätherischem Oehle verbunden, und dadurch auch einiger Maßen gemildert; wie z. B. im Merrettig, im Löffelkraute, in der Brunnenkresse, im Senfe, u. a. Sonst ist uns die Mischung dieses eigenen Stoffs noch sehr unbekannt. Irriger Weise haben ihn einige für Ammoniak gehalten.

§. 1171. Das Narcotische oder Betäubende mehrerer Pflanzen, z. B. des Opiums, der Kirschlorberblätter, ist gewiß keine Qualität anderer nähere Bestandtheile, sondern hängt vielmehr von einem eigenen Substrate ab, das selbst einen nähern Bestandtheil des Pflanzenreichs ausmacht, und das ich 21) den **narcotischen Pflanzenstoff** (Materia narcotica pl.) nenne. Bis jetzt hat man freylich dieses Princip noch nicht abgesondert und allein darstellen können, daraus läßt sich aber kein Schluß gegen die Existenz eines solchen eigenen Wesens machen. Es ist flüchtig in der Siedhitze des Wassers, kann aber doch durch andere fixere Bestandtheile so fixirt werden, daß es die Siedhitze des Wassers verträgt. Immer aber verlieren die narcotischen Substanzen des Gewächsreichs durchs Trocknen, Auskochen, von der Stärke ihrer Kraft. In manchen, wie in Kirschlorberblättern, ist der narcotische Stoff an ein ätherisches Oehl gebunden.

§. 1172. Endlich ist noch der nach Absonderung aller bisher erwähnten nähern Bestandtheile der Pflanzen

zen übrig bleibende Rückstand, der gewisser Maßen das Skelett der Pflanze vorstellt, unter dem Nahmen des 22) fadigen oder holzigen Theiles (Materia fibrosa pl.), als eine eigenthümliche Zusammensetzung zu unterscheiden. Seine Unauflöslichkeit in Wasser, Alcohol, Oehlen und Alkalien charakterisiren ihn genugsam. Er ist brennbar, und Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bilden seine Zusammensetzung; vielleicht auch noch Stickstoff und Phosphor.

Zusammensetzungen in thierischen Körpern.

§. 1173. Die Grundstoffe, welche die Zusammensetzungen oder die nähern Bestandtheile **thierischer Körper** bilden, sind dieselbigen, als bey den Körpern des Pflanzenreichs. Es sind, außer dem **Brennstoffe**, (der in jedem Producte derselben enthalten ist,) **Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Sauerstoff**, und dann noch **Kalkerde**. Im Allgemeinen unterscheiden sich die allermehresten thierischen Substanzen dadurch von den vegetabilischen, daß sie mehr Stickstoff und Phosphor verhältnißmäßig enthalten.

§. 1174. Als eigene nähere Bestandtheile der thierischen Körper aus den vorgenannten Grundstoffen (§. 1173.) sind anzusehen: 1) **Gallerte**, 2) **Fett**, 3) **Eyweißstoff**, 4) **Faserstoff**, 5) **Knochenmaterie**, 6) **Milchzucker**, 7) **Ameisensäure**, 8) **kohlensaure Kalkerde der Schaalthiere**, u. a.

§. 1175. Bey der trockenen Destillation geben die thierischen Körper alle kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas (§. 1141.) und kohlensaures Gas, und die mehresten außer einem brenzlichen Oehle kohlensaures Ammoniak; nur wenige geben eine brenzliche Säure. Die Entstehung dieser Producte läßt sich aus den angeführten (§. 1173.) Grundstoffen leicht erklären.

§. 1176. Die Kohle solcher thierischen Substanzen, welche bey der trockenen Destillation Ammoniak geben (§. 1175.), z. B. von Gallerte, Eyweiß, Blut, Knochen, ist besonders noch dadurch merkwürdig, daß sie, mit ätzenden feuerbeständigen Alkalien in bedeckten Gefäßen geglühet, der nachher mit Wasser auszuziehenden Lauge derselben das Vermögen ertheilt, das Eisen aus seinen Auflösungen in Säuren als Berlinerblau niederzuschlagen. Es bildet sich nämlich aus dem jener Kohle noch anhängenden Stickstoffe, Wasserstoffe, Kohlenstoffe, Phosphor und etwas Sauerstoffe eine eigenthümliche Säure, die man jetzt durch den Namen der Blausäure (Acidum borussicum, *A. prussique*) unterscheidet, welche mit dem Alkali in Verbindung tritt, es neutralisirt, von demselben aber durch eine doppelte Wahlverwandtschaft an das Eisen übergeht, das in einer Säure aufgelös't ist. Das Berlinerblau ist also blausaures Eisen. Die Blausäure selbst ist eine schwache Säure, für sich allein in der Hitze flüchtig und gasförmig. Sie tritt von dem Berlinerblau an Alkalien und Kalkwasser, wenn man diese damit kocht.

§. 1177. So wie der Kohlenstoff durchs Verbrennen zur Kohlensäure wird, so wird der Phosphor in der thierischen Kohle durchs Einäschern der letztern zur Phosphorsäure, die, wenn zugleich Kalkerde zugegen ist, damit phosphorsaure Kalkerde bilden kann. Dergleichen ist die Knochenasche.

§. 1178. 1) Die Gallerte (Gelatina) macht einen nähern Bestandtheil der frischen Muskelfaser, des Zellgewebes, der Knorpel, der Klauen, der Hörner, der Knochen, u. a., aus. Sie lös't sich im Wasser auf, das man mit diesen Theilen kocht, ertheilt demselben einen milden Geschmack, ohne erheblichen Geruch, und einige Viscosität. Die Fleischbrühen sind solche Auflösungen des gallertartigen Theiles des Fleisches im Wasser. Nach dem Verdunsten des Wassers bis zu einem gewissen Grade gerinnt die Auflösung beym Abkühlen zu einer durchsichtigen, mit etwas Schnellkraft begabten, Materie, die man im gemeinen Leben auch eine Gallerte oder Sulze nennt; und wird endlich bey fortgesetztem Austrocknen zu einer harten, festen, durchscheinenden, hornartigen Materie, die sich im Wasser und im Weingeiste vollkommen wieder auflösen läßt, und auch ein Leim (Gluten) genannt wird. In der Hitze läßt sich dieser Leim nicht eigentlich schmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche des angebrannten Horns. Mit Wasser verdünnt, geht er in der Wärme schnell in Fäulniß über. Die Gallerte ist aus Brennstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor und Sauerstoff zusammengesetzt.

§. 1179. 2) Das **Fett** (Pinguedo, Adeps, Axungia) der Thiere ist den fetten Pflanzenöhlen in allem ähnlich; und unterscheidet sich bey den verschiedenen Thieren und nach den verschiedenen Stellen, wo es abgesondert wird, in der Consistenz, wie der Talg oder Unschlitt (Sebum), der Wallrath, das Schmalz und der Thran beweisen. Auch die **Butter** gehört hierher. Alles, was oben (§. 1166. ff.) von den fetten Pflanzenöhlen angeführt worden ist, gilt auch vom thierischen Fette. Seine Bestandtheile sind auch dieselbigen.

§. 1180. 3) Der **Eyweißstoff** (Materia albuminosa) macht den hauptsächlichsten Bestandtheil des Blutwassers (Serum sanguinis) und der lymphatischen Flüssigkeit aus; bildet den Käse der Milch, das Eyweis. Er ist vor dem Gerinnen mit kaltem Wasser mischbar, und darin so fein zertheilt, daß er aufgelös't zu seyn scheint. Durch die Hitze gerinnt er aber darin; und auch Alles, was das Wasser stärker anzieht, wie concentrirte Säure, Weingeist, bringt ihn zum Gerinnen, und er fällt als ein weißer, geruch- und geschmackloser Körper nieder, der nach dem völligen Austrocknen durchscheinend, hart und spröde ist, in der Wärme nicht schmilzt, im Wasser und Weingeiste nicht auflösbar ist, sich aber in Ammoniak und Alkalien auflösen läßt. Seine Bestandtheile kommen mit denen der Gallarte überein; nur sind sie im Verhältnisse gegen einander verschieden.

§. 1181. Von dem Eyweißstoffe unterscheidet sich durch eine festere Consistenz und durch eine größere

Gerinn-

Gerinnbarkeit 4) der **Faserstoff**, oder der fadenartige Theil des Bluts (Pars fibrosa), der aus dem frisch geronnenen Blutkuchen durch Waschen mit Wasser getrennt werden kann, und sich auch beym bloßen Schlagen und Rütteln des frisch gelassenen Bluts absondern läßt. Er ist im frischen Zustande weiß, sehr zähe, trocknet in der Wärme zu einer spröden Materie aus, lös't sich weder im kalten, noch heißen Wasser auf, auch nicht im Weingeiste, wohl aber in concentrirten Säuren, wie im Vitriolöhle, aus dem er aber doch wieder durch Verdünnung mit Wasser gefällt wird. In der Hitze läßt er sich nicht schmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche angebrannter Haare. — Mit diesem fadenartigen Theile des Bluts kommt die von allem Auszugartigen oder Gallertartigen befreyete Muskelfaser überein, und die Membranen, die Knorpel, die ligamente, die Nägel und Klauen, die durchscheinenden Hörner, die Haare, die Wolle, die Federn, nehmen alle aus diesem fadenartigen Theile ihren Ursprung, und sind im Grunde in ihrer Mischung davon nicht verschieden, wenn man ihren gallertartigen Theil ausgezogen hat. In Ansehung seiner Mischung kommt er mit dem Kleber des Mehls (§. 1155.) überein.

§. 1182. Die Knochen der Thiere und ihre undurchsichtigen Hörner, so wie die Gerippe der Amphibien und Fische, lassen, wenn sie von allen nicht dazu gehörigen Theilen gereinigt und von ihrem gallertartigen Stoffe durch Auskochen mit reinem Wasser

völlig befreyet worden sind, eine weißliche unschmackhafte Substanz zurück, die noch die organische Structur wegen ihres Zusammenhanges zeigt, sich in den Säuren auflösen, in der Hitze in verschlossenen Gefäßen sich zur Kohle brennen läßt, im offenen Feuer den Geruch der angebrannten Haare zeigt, und eine große Menge weißer Erde zurückläßt. Ich nenne diese Substanz der ausgekochten Knochen 5) **Knochenmaterie**, und unterscheide sie dadurch von der **Knochenerde** (§. 1177.) die nach dem völligen Einäschern oder Ausbrennen derselben zurückbleibt. Die Knochenmaterie kommt in der Beschaffenheit ihrer Grundtheile mit dem fadenartigen Theile des Bluts überein, und ist nur hauptsächlich in dem Verhältnisse des Phosphors und der Kalkerde verschieden, die darin in einem größern Verhältnisse zu den übrigen Grundstoffen sind.

§. 1183. In der Milch der Kühe, und wahrscheinlich auch in der Milch anderer kräuter-fressenden Thiere, findet sich noch ein wesentliches Salz, 6) der **Milchzucker** (Saccharum lactis), von einem schwach-zuckerartigen Geschmacke, das sich auch in luftbeständige Krystalle bringen läßt, sich weder als Säure noch als Laugensalz zeigt, und vielmehr zu der Ordnung der zuckerartigen Salze (§. 861.) gehört. Er ist offenbar vegetabilischen Ursprungs.

§. 1184. **Die Säure der Ameisen** (Acidum formicarum) unterscheidet sich, nach gehöriger Reinigung, nicht von der Essigsäure des Pflanzenreichs, und hat auch ohne Zweifel einen bloß vegetabilischen Ursprung.

Von

Von selbst erfolgende Veränderung der Mischung organischer Körper.

§. 1185. In den lebenden organischen Körpern erfolgen zwar durch die Functionen des Lebens beständige Mischungsveränderungen der verschiedenen Stoffe, welche zu den nähern Bestandtheilen der organischen Körper gehören, und die Absonderungen beruhen hauptsächlich hierauf. Wir haben es indessen hier nur mit den von selbst erfolganden Veränderungen der Mischung zu thun, die in der **todten** organischen Substanz Statt finden. Alle todte organische Substanzen sind dieser von selbst erfolgenden Veränderung ihrer Mischung unterworfen, wenn sie bey einem hinlänglichen Grade der Wässerigkeit und Wärme von dem Zugange der Luft nicht ganz ausgeschlossen sind. Man nennt diese von selbst erfolgende Zerstörung ihrer Mischung **Gährung** (Fermentatio).

§. 1186. Nach der Beschaffenheit der Substanz, welche in Gährung begriffen ist, auch wohl nach der Dauer der Gährung selbst, sind die Producte verschieden, die sich dabey bilden; und man hat hiernach dreyerley Arten von Gährung unterschieden: die **weinigte Gährung** (Fermentatio vinosa); die **saure** oder **Essiggährung** (Fermentatio acida); und die **fauligte Gährung** oder **Fäulniß** (Fermentatio putrida, Putrefactio). Indessen ließen sich allerdings noch mehrere Arten festsetzen.

Weingährung.

§. 1187. Die schleimig-zuckerartigen Stoffe des Pflanzenreichs erfahren sehr bald eine auffallende Veränderung ihrer Mischung, wenn sie bey dem gehörigen Grade der Verbindung mit Wasser und bey der Wärme (von 60 bis 79 Gr.) vom Zutritte der Luft nicht ganz ausgeschlossen sind.

§. 1188. Um die Erscheinungen, die dabey Statt finden, wahrnehmen zu können, wähle ich den **Most**, oder den ausgepreßten Saft der Weintrauben, als Beyspiel. Wenn man denselben in einer enghalsigen Flasche in eine Temperatur von etwa 70° F. ruhig hinstellt, so geräth er sehr bald in eine innere Bewegung; die Durchsichtigkeit und Klarheit verlieren sich; die Masse wird trübe; es reißt sich eine große Menge von Luftbläschen aus dem Innern derselben los, die auch wohl mit einem merklichen Geräusche hervorbrechen, und wegen der Zähigkeit der Materie, worin sie eingeschlossen sind, eine Schicht auf der Oberfläche der Flüssigkeit, den **Gäsche**, bilden. Sie sind durchaus **kohlensaures Gas**, das nach Beschaffenheit der gährenden Materie und der dabey Statt findenden Temperatur oft in ungemeiner Menge hervorbricht, und beym verhinderten Austritte auch wohl die Gefäße sprengen kann. Nach einer längern oder kürzern Zeit lassen diese Erscheinungen der Gährung nach, der Schaum verliert sich, die gegohrne Materie wird wieder klar und hell, und es entbindet sich kein kohlensaures Gas weiter. Jetzt scheint die Natur gleichsam

sam einzuladen, diesen Zeitpunct zu nützen, und die Bedingungen zu entfernen, unter welchen die Gährung anhob, und unter welchen eine neue Mischungsveränderung eintreten würde. Die gegohrne Materie zeigt jetzt eine veränderte Natur; der süße Geschmack des Mostes und seine Klebrigkeit haben sich verloren, und er hat den **weinartigen** Geruch und Geschmack, und berauschende Kräfte erhalten, die man vorher nicht an ihm wahrnahm. Es hat sich ein dicker Satz geschieden, der die so genannten **Hefen** (Faeces, Mater vini) ausmacht.

§. 1189. Das Bedürfniß hat den Menschen vielerley weinartige Getränke aus mancherley Pflanzenstoffen zu bereiten gelehrt. Aber in allen ist nur die zuckerartig-schleimige Materie die Grundlage derselben, und der weinartigen Gährung fähig; und es giebt daher außer dem eigentlichen **Weine** aus Traubensaft noch eine große Menge anderer **weinartiger Getränke**. Hierher gehört unter andern: der **Cider** oder **Aepfelwein**, der **Meth** aus Honig, das **Bier** aus Malz.

§. 1190. Bey solchen Dingen, die nicht sehr geneigt zur Gährung sind, oder worin der Zuckerstoff mit zu vielen andern Theilen verbunden ist, befördert man die Gährung durch den Zusatz gewisser Substanzen, die man **Gährungsmittel** (Fermenta) nennt. Dahin gehören Materien, die entweder schon selbst in Weingährung begriffen oder sehr geneigt dazu sind.

§. 1191. Wenn man guten, geistreichen Wein aus einer gläsernen Retorte mit einer Vorlage im Sandbade bey wohl verklebten Fugen und gelinder Hitze destillirt, so geht eine Flüssigkeit, in eigenen, fett aussehenden, Streifen in die Vorlage über, die einen starken erwärmenden Geschmack, einen durchdringenden Geruch, und berauschende Kraft besitzt, sich anzünden läßt, und mit einer Flamme ohne Rauch und Ruß verbrennt. Der überdestillirte flüchtige Theil des Weines heißt **Weingeist** (Spiritus vini), **brennbarer Geist** (Spiritus ardens, inflammabilis), **Branntwein** (Vinum adustum). Er enthält immer noch wässerige Theile beygemischt, die zu gleicher Zeit mit übergingen. Alle gegohrne weinartige Getränke geben bey der Destillation diesen brennbaren Geist, und zwar immer um desto mehr, je besser sie sind. Die im Handel vorkommenden oder zum Bedürfnisse verwendeten Branntweine werden auch aus andern, oft in dieser Absicht bloß zur Weingährung gebrachten, weinartigen Flüssigkeiten gezogen.

§. 1192. Der von seinem überflüssigen Wasser ziemlich genau gereinigte Branntwein heißt **rectificirter Weingeist** (Spiritus vini rectificatus), wenn er auch schon eben nicht vom Weine, sondern, wie in unsern Gegenden, vom Kornbranntweine verfertigt worden ist. Den allerreinsten, und von allen außerwesentlichen Wassertheilen durch gehörig angestellte Rectification befreyeten, nennt man **Alcohol** oder **höchstrectificirten Weingeist** (Alcohol, Spiritus vini rectificatissimus).

§. 1193. Der Alcohol ist als das eigentliche Product der weinigten Gährung, und als ein eigenthümliches, durch die Natur erzeugtes, Gemisch anzusehen. Er ist im reinen Zustande völlig farbenlos, hell und klar, durchdringend und stark von Geruch und Geschmack, läßt sich ohne Docht leicht anzünden, und brennt, ohne Rückstand zu hinterlassen, mit Flamme ohne Rauch und Ruß. Er ist specifisch leichter als Wasser, und sein eigenthümliches Gewicht wird gewöhnlich zu 0,815 gesetzt; Herr Lowitz aber hat gezeigt, daß dieses bey der stärksten Entwässerung des Alcohols auf 0,791 herunter gebracht werden könne. Er ist flüchtig, leicht verdunstbar, und siedet schon bey 165° F. Eben dieses ist der Grund, warum er sich durch Rectificirung entwässern läßt. Mit dem Wasser läßt sich der Alcohol in allen Verhältnissen vermischen, und beyde nehmen nach der Vermischung einen geringern Raum ein, als sie nach der Summe ihrer einzelnen Räume einnehmen sollten. Der Alcohol gefriert nicht in den bey uns bekannten Graden der Kälte.

§. 1194. Wenn man die Dämpfe des Alcohols aus einer gläsernen Retorte durch ein glühendes gläsernes Rohr, das mit einer Mittelflasche und dem pneumatischen Apparate connectirt, treten läßt, so wird ein Antheil Alcohol zerlegt, und man erhält kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas und kohlensaures Gas.

§. 1195. Die Bestandtheile des Alcohols lassen sich aus den Producten seines Verbrennens beurtheilen

len und bestimmen. Unternimmt man nämlich das Abbrennen des Alcohols in einer metallenen Schaale, die auf der Sperrflüssigkeit schwimmt, und stürzt dann eine Glocke mit atmosphärischer Luft darüber, so findet man, daß er, wie alle verbrennliche Substanzen, Sauerstoffgas verzehrt. Braucht man hierbey Quecksilber zum Sperren, so enthält die rückständige Luft nicht allein Stickgas, sondern auch kohlensaures Gas, und das Inwendige der Glocke ist so wie das Quecksilber mit einer merklichen Menge Wasser bedeckt, auch wenn man den aufs höchste entwässerten Alcohol angewendet hat. Braucht man Kalkwasser zum Sperren, so wird dieses getrübt und kohlensaure Kalkerde niedergeschlagen. Es folgt also hieraus, daß Wasser und Kohlensäure die einzigen Producte des Verbrennens des wasserfreyen Alcohols sind. Herr Lavoisier findet durch Berechnung aus seinen Versuchen, daß 100 Theile Alcohol beym Verbrennen in Sauerstoffgas 116,0816 Theile Wasser geben, und daß 100 Theile des höchst entwässerten Alcohols aus nahe 28,53 Kohlenstoff, 7,873 Wasserstoff, und 63,597 schon gebildetem Wasser bestehen. Wenn man das letztere nicht als nähern Bestandtheil des Alcohols ansehen will, so besteht der Alcohol etwa aus 0,285 Theilen Kohlenstoff, 0,175 Theilen Wasserstoff und 0,540 Theilen Sauerstoff.

Lavoisier über die Verbindung des säure-erzeugenden Grundstoffes mit Weingeiste, Oehlen und andern verbrennlichen Körpern; in Crells chem. Annalen, 1790. B. I. S. 518. ff.

§. 1196. Aus der innigen und genauen Vereinigung des Alcohols mit der concentrirten Schwefelsäure

erzeugt sich ein neues merkwürdiges Product: die **Vitriolnaphtha**, oder der **Vitrioläther**: eine Flüssigkeit von einem eigenen, angenehmen, aber durchdringenden, Geruche und Geschmacke, die noch leichter ist, als Weingeist, sich im Weingeiste leicht auflös't, und auch einiger Maßen im Wasser, da zehn Theile des letztern einen Theil davon in sich nehmen; sehr leicht und schnell verdunstet, und dabey eine ansehnliche Kälte erzeugt; sich leicht anzünden läßt, auch schon in der Entfernung von der Flamme eines Lichtes; und mit einer starken und hellen Flamme verbrennt. Auch einige andere Säuren bringen mit dem Weingeiste besondere Arten von Aether hervor, wovon die **Salpeternaphtha**, die **Essignaphtha**, Beyspiele geben.

§. 1197. Die Bestandtheile des zur Weingährung fähigen schleimig-zuckerartigen Stoffes in Verbindung mit dem Wasser sind: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; dies sind aber auch die Bestandtheile des Products der Weingährung, nämlich des Alcohols (§. 1195.), nur in einem andern Verhältnisse, besonders in einem geringern des Kohlenstoffes zu den übrigen. Folglich besteht diese Mischungsveränderung darin, daß in der gährenden Substanz der Kohlenstoff vermindert wird. Dieses geschieht auch bey dem Acte der Gährung, wie das austretende kohlensaure Gas offenbar lehrt. Es verbindet sich also unter dem Einflusse der Wärme ein Antheil Kohlenstoff mit Sauerstoff zur Kohlensäure, die als Gas austritt; den Sauerstoff dazu liefert wohl nicht

allein

allein der schleimig=zuckerartige Stoff, sondern wahrscheinlicher Weise auch das Wasser, wovon also ein Antheil hierbey zersetzt, und wodurch also das Verhältniß des Wasserstoffes zu den übrigen Grundstoffen noch größer wird, und sich so das Product, das Spirituöse, bildet. Durch die Entstehung des Alcohols in der weinartigen Flüssigkeit ändert sich nun natürlicher Weise auch die Auflösungskraft auf die fremdartigen Substanzen, die sonst in dem Wässerigen vor der Gährung aufgelös't seyn konnten. Daher trübt sich die Flüssigkeit, und es sondern sich schleimige Theile, und, wie aus dem Moste, Weinstein ab. Je geringer die Menge des Zuckerstoffes in der gährenden Flüssigkeit ist, desto kleiner wird auch die Menge des Spirituösen oder des Alcohols, und umgekehrt. Eine zu große Menge des zuckerartigen Stoffes kann aber doch machen, daß der entstandene Wein süß bleibt und unzersetzten Zuckerstoff behält, weil, wenn erst eine gewisse Menge Spirituöses erzeugt ist, die Gährung dadurch selbst gehemmt wird.

Essiggährung.

§. 1198. Wenn die vorhin beschriebene Gährung des Weines oder der weinartigen Getränke zu lange unterhalten oder der schon entstandene Wein in einer Wärme von 75 bis 85° F. unter dem Zugange der Luft erhalten wird, so geht abermals eine Mischungsveränderung vor, die seine vorige Natur ganz aufhebt und zerstört. Er verliert alle berauschende Kraft und wird offenbar sauer, oder zu **Essig**. Da-

her heißt diese zweyte Mischungsveränderung die **Essiggährung** (§. 1186.).

§. 1199. Der Wein wird bey dieser Veränderung erst trübe, und fängt auch wohl wieder an, merklich zu brausen, wenn er noch unzersetzten Zuckerstoff enthält. Er wird auf der Oberfläche nach und nach mit einer kahnigen Haut bedeckt, und eine gewisse Menge fadenartiger Materie trennt sich von ihm los, die sich nach und nach zu Boden setzt und eine Art Hefen bildet, die so genannte **Essigmutter**. Ein Hauptumstand hierbey ist nun, daß das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft, die hierbey über der Fläche des in Essiggährung begriffenen Weines steht, eingesogen wird. Die Flüssigkeit wird nach und nach wieder hell und klar, und ist nun sauer. Die Periode der Essiggährung dauert um desto länger, je kühler der Wein gehalten wird und je geringer der Zutritt der Luft ist.

§. 1200. Jedes gegohrne weinartige Getränk ist für sich selbst zur Essiggährung geschickt. Alle Säfte der Pflanzen, welche den Zuckerstoff in sich haben und also in Weingährung gehen können, werden daher zu Essig, nachdem sie die Weingährung überstanden haben; und diese geht auch in solchen Säften allemal vorher, ehe die eigentliche Essiggährung oder das Sauerwerden anhebt. Die Weingährung ist in derselben freylich um desto schneller vorübergehend, und um desto weniger bemerkbar, je geringer der Gehalt des Zuckerstoffes darin, oder je

mehr

mehr er durch Wasser verdünnt ist, oder je mehr die Luft Zugang hat und die Temperatur erhöhet ist.

§. 1201. Der Zuckerstoff ist zwar die eigentliche Grundlage der weinigten Gährung; aber zur Essiggährung sind auch andere Substanzen fähig, wie der reine Schleim, die Stärke, die wesentlichen sauern Pflanzensalze, die Gallerte, wenn sie bey der Verdünnung mit Wasser den Bedingungen zu dieser Gährung unterworfen werden. Die Essiggährung setzt also nicht immer die Weingährung voraus, und ist nicht überhaupt als eine Folge der letztern anzusehen.

§. 1202. Bey solchen Dingen, die nicht sehr zur Essiggährung geneigt sind, befördert man dieselbe durch Essigfermente. Dahin gehören alle Substanzen, die entweder schon selbst darin begriffen sind, oder sehr leicht darein gerathen, mit oder ohne vorhergehende Weingährung; z. B. Hefen von sauerm Weine, saurer Wein mit seinen Hefen selbst, Sauerteig, u. dergl.

§. 1203. Die Essiggährung des Weines besteht nicht in einem Verdunsten seines Alcohols, wie bey einer zu großen Einwirkung der Wärme darauf freylich wohl geschehen kann; sondern er geht selbst in Essig über, und hilft solcher Gestalt die Essigsäure vermehren.

§. 1204. Der Essig ist noch nicht reine Essigsäure, sondern jeder Essig enthält immer noch außerdem mehr oder weniger fremdartige Theile. Die Es-

sigsäure

ssigsäure läßt sich, da sie flüchtig ist, durch Destillation des Essigs aus demselben darstellen. Dieser destillirte Essig (Acetum vini destillatum) ist erst als reine Essigsäure (Acidum aceticum) anzusehen. Er ist farbenlos, völlig klar und durchsichtig, angenehm säuerlich von Geruch und Geschmack.

§. 1205. Die Essigsäure ist im destillirten Essig durch sehr viele wässerige Theile verdünnt, die man durch allerley Mittel davon zu scheiden gesucht hat. Da die Essigsäure durch ihre Verbindung mit Alkalien, Erden und Metallkalken mehr fixirt wird, und folglich nun zuläßt, daß das damit verbundene Wässerige durch Verdunsten davon geschieden werden kann, so giebt dies ein Mittel, die Essigsäure concentrirt darzustellen, wenn man sie davon durch Schwefelsäure austreibt.

Die concentrirte Essigsäure heißt auch radicaler Essig (Acetum radicale.)

§. 1206. Die sehr stark concentrirte Essigsäure ist in der Kälte krystallisirbar. Sie schießt schon bey 38° F. zu schönen, federartigen Krystallen an, die bey 59° F. flüssig werden und einen starken, höchst durchdringenden Essiggeruch in der Wärme zeigen. Diese Essigsäure ist nach dem Erwärmen entzündlich, und verbrennt mit leichter, bläulicher Flamme.

§. 1207. Die Grundlage der Essigsäure ist, wie die aller Pflanzensäuren, aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt, und die Essigsäure ist also als eine Modification anderer Pflanzensäuren anzusehen.

sehen. Ihre Zusammensetzung läßt sich am besten dadurch darthun, daß man sie durch ein glühendes irdenes oder gläsernes Rohr treibt, wobey sie Wasserstoffgas und kohlensaures Gas liefert; was auch die daraus mit einem fixen Alkali bereiteten Neutralsalze bey ihrer trocknen Destillation thun.

§. 1208. Die Grundlage der Essigsäure unterscheidet sich nicht in der Qualität ihrer Grundstoffe vom Alcohol; beyde bestehen aus Kohlenstoff und Wasserstoff; und das Hauptgeschäft der Essiggährung muß also darin bestehen, diese Grundstoffe noch mit Sauerstoff in Verbindung zu setzen und dadurch in eine Säure umzuwandeln. Die Erfahrung lehrt, daß Sauerstoffgas zur Essiggährung Bedingung ist, und daß es dabey verschwindet oder zersetzt wird, und daß folglich seine Basis eingesogen werde. Der Alcohol des Weines und der weinartigen Getränke nämlich saugt allmälig diesen Sauerstoff ein, und wird dadurch zur Essigsäure. Dazu trägt nun die Verbreitung des Alcohols unter vieles Wässerige des Weines und die Verbindung mit andern schleimigen und sauern Theilen bey. Denn reiner Alcohol wird an der Luft freylich nicht zu Essig; er wird es aber wirklich, wenn er mit vielem Wasser verdünnt in der Wärme nicht vom Zutritte der Luft ausgeschlossen ist. Auch läßt sich aus Alcohol und concentrirter Schwefelsäure Essigsäure künstlicher Weise erzeugen. Diesemnach ist also die Essigsäure aus dem Weine bey der Essiggährung nicht ausgeschieden, sondern erzeugt; und die letztere besteht nicht im Verdunsten des Alcohols, sondern

im Uebergange desselben in Säure. Es erklärt sich hieraus, warum der Essig um so besser werde, je geistiger der Wein war, woraus er entstand.

§. 1209. Gleichwohl macht der Alcohol nicht allein die Basis der Essiggährung aus; sondern andere im Weine befindliche Substanzen, wie Weinstein, Weinsteinsäure und Schleim, können ebenfalls darein verwandelt werden, und werden es auch, indem sie Sauerstoff aus der Atmosphäre in sich nehmen, wodurch denn nun die Menge des Sauern im Essig noch mehr vermehrt wird. Eben deshalb kann auch Essiggährung Statt finden ohne vorhergehende Weingährung, weil Substanzen, die der erstern fähig sind, nicht zur letztern geschickt seyn können, wie Schleim und Pflanzensäuren. Die Natur bewirkt bey der Essiggährung durch Sauerstoffgas langsam und allmälig, was die Kunst schneller und gewaltsamer, aber auch mit mehrerm Verluste, durch Feuer, oder Schwefelsäure, oder Salpetersäure, ausrichtet, wenn sie jene Substanzen in Essigsäure umändert. Uebrigens müssen auch diese Stoffe, wenn sie Essiggährung erleiden sollen, durch genugsames Wasser verdünnt seyn.

Einige andere Arten der Gährung.

§. 1210. Wenn man unter Gährung jede natürliche und von selbst erfolgende Veränderung der Mischung organischer Körper versteht, so muß man behaupten: daß sie so wohl bey der Ernährung und

dem Wachsthume der Pflanzen als der thierischen Körper höchst mannigfaltig Statt findet; daß alle Absonderungen darin bestehen und darauf beruhen; und daß das ganze vegetabilische und animalische Leben im Grunde ein gährungsartiger Prozeß sind. Wir überlassen dies indessen der Physiologie zur Untersuchung, und bleiben hier bey den Mischungsveränderungen der todten physischen Substanz, zu denen wir dann freylich weder das **Malzen** des Getreides, noch das **Reifen** des Obstes rechnen können, weil hier die sich verändernde Substanz noch als lebend anzusehen ist.

§. 1211. Das **Ranzigtwerden** der fetten Oehle und des thierischen Fettes ist aber als eine Art von Essiggährung anzusehen, weil dabey sich eine anfangende Säure bildet, und der Kohlenstoff und Wasserstoff des Oehls Sauerstoff aus der Luft in sich nehmen. Vorzüglich gehört aber die **Gährung des Brotteiges** hierher.

Faulende Gährung.

§. 1212. Die letzte Periode der von selbst erfolgenden Mischungsveränderung organischer Substanzen heißt die **faulende Gährung**, oder **Fäulniß** (Fermentatio putrida, Putrefactio). Da indessen die Erscheinungen, die sich dabey zeigen, und die Producte, die sich dadurch bilden, nach Beschaffenheit der Mischung organischer Stoffe so wohl, als nach den zugelassenen Bedingungen so sehr verschieden sind;

so

so muß man in der That mehrere Arten der hierher gerechneten Mischungsveränderung unterscheiden; sonst läßt sich von der Fäulniß nicht einmal eine befriedigende Definition geben, und auch keine Theorie entwerfen. Die Folge wird lehren, daß die **Verwesung** fester organischer Körper wirklich auch von der **eigentlichen Fäulniß** derselben ihren Ursachen und Wirkungen nach verschieden ist.

§. 1213. Man kann die Fäulniß nicht als eine Fortsetzung der Weingährung und Essiggährung ansehen; denn nicht alle Substanzen, welche zu diesen fähig sind, erleiden jene. Nur bey solchen fäulnißfähigen Dingen, welche zugleich Bestandtheile enthalten, die zur Weingährung oder Essiggährung geschickt sind, erfolgt die Fäulniß nach diesen. Andere Stoffe gehen in Fäulniß, ohne alle Spur der erstern Arten der Mischungsveränderung.

§. 1214. 1) **Eigentliche Fäulniß**, oder diejenige Mischungsveränderung organischer Substanzen, wodurch sich **Ammoniak** und ein besonderes Effluvium von einem höchst widerwärtigen Geruche, den man den **fauligen** Geruch nennt, bildet, findet nur bey solchen Substanzen Statt, die neben dem Kohlenstoffe und Wasserstoffe noch Stickstoff und Phosphor enthalten. Dahin gehört: Eyweißstoff, Faserstoff, Gallerte, Knochenmaterie und alle die festen und flüssigen Theile thierischer Körper, die sie enthalten.

§. 1215. Die Bedingungen, unter welchen diese eigentliche Fäulniß Statt hat, sind: ein gehöriger

Grad

Grad von Feuchtigkeit und Wärme, und Zutritt der Luft, nach deren Maaßgabe die Periode dieser Mischungsveränderung schneller oder langsamer erfolgt, oder früher oder später beendigt wird.

§. 1216. Die Stoffe, welche unter den genannten Bedingungen zu dieser Fäulniß fähig sind, erhalten zuerst einen faden oder dummligen Geruch, der bald einem unangenehmen stinkenden Platz macht; der Geschmack wird ekelhaft und widrig; und wenn es feste Körper waren, so vermindert sich der Zusammenhang, der beym Fortgange dieser Periode immer mehr abnimmt, so wie der Geruch immer stinkender und widriger wird. Zu gleicher Zeit zeigt er sich auch urinös, und es entwickelt sich ganz offenbar Ammoniak. Die Materie wird breyartig, verliert ihr organisches Gewebe, wenn sie dergleichen besaß, immer mehr und mehr; der Geruch ist nicht mehr mit dem nach Ammoniak vermischt, sondern höchst widerwärtig. Manchmal zeigt sich dabey in dem Rückstande auch ein Leuchten. Zuletzt bleibt, wenn nicht durch völliges Austrocknen dieser Fäulniß früher Grenzen gesetzt werden, ein geringer erdiger Rückstand, der nichts mehr von der organischen Structur an sich hat.

§. 1217. Das Ammoniak, welches sich hierbey entwickelt und den urinösen Geruch bildet, und das Effluvium, welches den eigentlich fauligen, höchst widerwärtigen, Geruch erzeugt, sind als die Producte dieser Fäulniß anzusehen. Jenes bildet sich aus dem Stickstoffe und dem Wasserstoffe des faulenden Stoffes; letzteres

letzteres liefert zum Theil auch wohl das Wasser, das dabey zersetzt wird. Dieses, das eigentlich faulige Effluvium, wird ohne Zweifel vom Phosphor der faulenden Substanz gebildet, der in Verbindung mit Wasserstoff, zum Theil auch in Verbindung mit Stickstoff und Kohlenstoff, austritt.

§. 1218. Die Gasarten, die sich in der Luft, worin Körper faulen, zeigen, sind anfänglich Stickgas, hernach das Ammoniakgas, das den urinösen Geruch bildet, und phosphorhaltiges und kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, mit kohlensaurem Gas vermischt. Auch schwefelhaltiges Wasserstoffgas hat man in der aus faulenden thierischen Körpern aufsteigenden Luft angetroffen.

Lavoisier über die Natur der luftartigen Flüssigkeiten, welche von einigen thierischen Stoffen in der Gährung aufsteigen; in Crells chem. Annal. 1789. B. I. S. 172. ff.

§. 1219. So entweichen also in und während dieser Fäulniß alle Grundstoffe, bis auf die erdigen, welche die Mischung der dazu geeigneten Substanz ausmachten, und treten theils in andern Verhältnissen, theils mit dem Wärmestoffe, zusammen; und so wird dadurch der vorige Körper ganz zerstört. Das Wasser und die Luft, die hierbey Bedingung sind, werden ohne Zweifel hierbey mit zersetzt, und ihr Sauerstoff ist dabey zugleich mit wirksam.

§. 1220. Abgehalten wird die Fäulniß durch alles das, was die zu ihrer Entstehung und ihrem Fortgange nöthigen Bedingungen (§. 1215.) entfernt. Die so genannten **fäulnißwidrigen Stoffe**

(Anti-

(Antiseptica) wirken auch nur auf diese Art, nicht durch eine eigene antiseptische Kraft, die eine vis occulta wäre. Zu den Mitteln, die Fäulniß abzuhalten, gehören: das Austrocknen, der Frost, das Ueberziehen mit Harzen, Balsam, Wachs, Oehl, und dergl., das Aufbewahren in Weingeist, das Einsalzen und Räuchern, deren Wirkung sich leicht erklären läßt.

John Pringle some experiments on substances resisting putrefaction; in den *philos. transact.* n. 495. 496. Einige Versuche mit Materien, welche der Fäulniß widerstehen, von J. Pringle; im neuen hamb. Magaz. B. X. S. 300 ff. Experimental Essays by *Dav. Macbride*. Lond. 1764. 8. Dav. Macbride durch Erfahrungen erläuterte Versuche über verschiedene Vorwürfe, a. d. Engl. von Conr. Rahn. Zürich 1766. 8.

§. 1221. 2) Wenn die vorhin (§. 1214.) genannten Substanzen, die der eigentlichen Fäulniß fähig sind, unter Wasser, also vom Zugange der Luft ausgeschlossen, liegen, so fangen die Erscheinungen der Fäulniß (§. 1216.) auch ebenfalls an, aber sie endigen sich anders. Es entwickeln sich Gasarten, die, wenn sie in Höhlungen und im Zellgewebe eingeschlossen bleiben, den Körper, wie z. B. Leichname, anschwellen, so daß er specifisch leichter als Wasser werden und darin zum Schwimmen gebracht werden kann, bis nach Zerstörung und allmäliger Auflösung desselben an der Luft das eingeschlossene Gas einen Ausweg findet, und der Leichnam dann sinkt, ohne wieder empor zu kommen. Die Gasarten, die sich hierbey entwickeln, sind: Stickgas, und nachher kohlenstoffhaltiges und phosphorhaltiges Wasserstoffgas, nebst Ammoniak. Wird nun das Wasser, in welchem

chem! die darin aufgelös'ten auszugsartigen Theile in die eigentliche Fäulniß bis zu ihrer Vollendung gehen würden und wirklich gehen, öfters gewechselt, so hört endlich die Fäulniß der rückständigen Substanz auf, und diese zeigt nun die Natur eines **Fettes**, oder ist zu einer **wallrathähnlichen Materie** geworden. Herr **Gibbes** hat hierüber mehrere Versuche mit dem Fleische von Thieren angestellt.

Ueber die Verwandlung des Fleisches in eine dem Wallrath sehr ähnliche Substanz, von Geo. Smith Gibbes; in Grens neuem Journ. der Phys. B. I. S. 126. ff. Ueber die Verwandlung thierischer Substanzen in eine fettige, dem Wallrath ähnliche, Materie, von Ebendemselben; ebendas. B. III. S. 436. ff.

§. 1222. Es wird hierbey also der Stickstoff und Phosphor der faulenden Substanz geschieden, nebst etwas Wasserstoff und Kohlenstoff; aber der größeste Antheil der letztern beyden bleibt zurück und bildet die fettige Substanz, die auch noch die organische Structur derjenigen zeigt, aus der sie entsprang. Diese Art der Fäulniß ist also von der vorigen zu unterscheiden, wenn gleich beyde im Anfange mit einander übereinzukommen scheinen. Da man durch Maceriren des Fleisches in schwacher Salpetersäure eine ähnliche fettige Substanz daraus erzeugen kann, so scheint die eben angeführte Mischungsveränderung dadurch noch mehr bestätigt zu werden. Uebrigens ist das Wasser hierbey nicht wesentlich nothwendig, als in so fern es die respirabele Luft ausschließt; und so hat man auch bey eingescharrten Leichnamen jene Veränderung ihrer weichen Theile in eine wallrathähnliche Materie wahrgenommen, wo die Umstände und der

Mangel

Mangel mit eingeschlossener atmosphärischer Luft dieselbe verstatteten.

Mémoire sur les differens états des cadavres trouvés dans les fouilles du Cimetière des Innocens en 1786 et 1787, par M. *de Fourcroy*; in den *Annales de chimie*. T. V. S. 154. ff. Deuxième Mémoire; ebendas. T. VIII. S. 17. ff.

§. 1223. 3) Pflanzenkörper, welche Eyweißstoff und Kleber enthalten, können deshalb ähnliche Erscheinungen, als die oben (§. 1214.) erwähnten thierischen Stoffe, in ihrer Fäulniß, geben. Der Schleim, der Zuckerstoff, die wesentlichen sauern Salze, der stärkeartige Theil der Pflanzenkörper, ändern indessen das Phänomen ihrer Fäulniß gar sehr ab, da dieselben selbst der vorhin erwähnten eigentlichen Fäulniß nicht fähig sind. Die Producte, die sich hierbey bilden, sind von denen der letztern wesentlich verschieden, wenn die Pflanzenkörper keinen nähern Bestandtheil enthalten, worin Stickstoff und Phosphor sind. Es erzeugt sich dann nicht der höchst widerwärtige Geruch der Fäulniß thierischer Dinge, und kein Ammoniak; das brennbare Gas, das sich dabey entwickelt, hat zwar einen unangenehmen Geruch, der aber vom fauligen (§. 1216.) verschieden ist; es ist kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, wie die Sumpfluft beweiset. Uebrigens sind zu der Fäulung der Pflanzenstoffe dieselben Bedingungen nöthig, als bey thierischen Körpern (§. 1215.).

Aless. Volta lettere al *P. G. Campi* sull' aria infiammabile nativa della paludi. Como 1776. 8. Briefe über die natürlich entstehende Sumpfluft, von Hrn. Alex. Volta, a. d. Ital. Winterthur 1778. 8.

§. 1224. 4) Das Schimmeln vegetabilischer Stoffe muß als eine eigene Art von Fäulniß derselben unterschieden werden. Dazu sind besonders der Schleim, der Extractivstoff der Pflanzen, der stärkeartige Theil, und die süßen und sauern Salze derselben geeignet, wenn sie im Wasser aufgelös't oder damit verdünnt dem Einflusse der respirabelen Luft ausgesetzt werden. Es verliert der im Wasser aufgelös'te Schleim hierbey seine Auflöslichkeit, und verwandelt sich in eine Art von Haut, die nicht mehr im Wasser auflösbar ist. Mir ist es wahrscheinlich, daß der Sauerstoff der Luft an dieser Erscheinung vorzüglich Antheil habe und durch seinen Beytritt zum Kohlen- und Wasserstoffe diese neue Materie bilden helfe.

§. 1225. 5) Endlich ist die Verwesung noch von der eigentlichen Fäulniß so wohl thierischer als vegetabilischer Körper wohl zu unterscheiden, was man bisher nicht gehörig gethan hat. Sie erfolgt, wenn die zur Fäulniß nothwendigen Bedingungen, Feuchtigkeit, Wärme und Luft, nur in geringem Grade zugelassen werden; und die Erscheinungen so wohl, die sich dabey zeigen, als die Producte, die sich bilden, sind wesentlich von denen der wahren Fäulniß verschieden. Die Mischungsveränderung erfolgt weit unmerklicher und langsamer. Dies ist z. B. der Fall bey Leichnamen, die in die Erde gescharrt sind; bey feuchten Pflanzen, die in großen Massen zusammengedrückt liegen, oder auch in die Erde gescharrt werden. Wenn hierbey viel atmosphärische Luft mit eingeschlossen ist, wie bey Leichnamen in Särgen, oder

noch

noch viel Feuchtigkeit da ist, so kann anfänglich die Periode der wahren Fäulniß eintreten, bis endlich diese wegen verminderter rückständiger Feuchtigkeit und mangelnden Sauerstoffgas aufhört, und die bloße Verwesung Statt hat. Feuchtigkeit und Luft, besonders die erstere, dürfen indessen auch bey der Verwesung, wenn sie vor sich gehen soll, nicht ganz mangeln, und die Temperatur der Substanz selbst darf nicht unter den Gefrierpunct gehen.

§. 1226. Bey dieser Verwesung treten wegen veränderter Ursachen auch andere Wirkungen ein, als bey der eigentlichen Fäulniß. Die Grundstoffe der darin begriffenen Körper verbinden sich in andern Verhältnissen, als unter mehr verstattetem Einflusse von Wasser, Wärme und Luft, wobey Fäulniß, gewisser Maßen mit Ungestüm, eintreten würde. Der Stickstoff, der bey der Fäulniß mit dem Wasserstoffe zusammen das Ammoniak bildet, tritt bey der Verwesung mit dem Sauerstoffe zur Salpetersäure zusammen, die als das Hauptproduct der Verwesung, besonders thierischer Stoffe, anzusehen ist, und bey der eigentlichen Fäulniß derselben (§. 1214.) sich nicht erzeugt. Diese Salpetersäure muß sich aber bey der überhaupt nur allmälig fortschreitenden Verwesung auch allmälig, und eben deshalb unmerklich, wieder zerstreuen und verflüchtigen, wenn sie nicht eine Basis antrifft, durch die sie figirt und bis zur Wahrnehmung angehäuft werden kann, und so manchmal als **Mauersalpeter** oder **erdiger Salpeter** in zarten Flocken ausschlägt. Ich will zwar nicht in Abrede

seyn, daß der Sauerstoff der zugleich mit- einwirkenden atmosphärischen Luft zur Bildung dieser Salpetersäure beytragen könne; hauptsächlich aber scheint mir doch der Sauerstoff der verwesenden Substanz und ihrer Feuchtigkeit selbst dazu beyzutragen. — Ein Antheil des Wasserstoffes und der Phosphor werden zwar ebenfalls bey der Verwesung in Gasgestalt geschieden, aber auch nur allmälig; und es ist daher zwar ein moderiger, aber doch kein eigentlich fauliger Geruch der verwesenden Substanzen wahrzunehmen, obgleich übrigens die leuchtenden Erscheinungen der Luft in Gegenden, wo Verwesung häufig Statt findet, davon herzuleiten seyn möchten.

§. 1227. Ein großer Antheil des Wasserstoffes, und derjenige Kohlenstoff, der nicht als kohlensaures Gas mit dem Sauerstoffe austreten konnte, bleibt bey der Verwesung mit andern feuerbeständigen Grundstoffen verbunden zurück, und bildet nun das zweyte Hauptproduct dieser eigenthümlichen Mischungsveränderung, nämlich die **Dammerde** (Humus).

§. 1228. Diese Dammerde ist keinesweges als eine eigenthümliche Erde, wie man sonst wohl glaubte, sondern als wasserstoffhaltiger Kohlenstoff anzusehen, der freylich noch mit mehr oder weniger andern erdigen und salzigen Theilen verbunden seyn kann, nach Beschaffenheit der Mischung und Vermengung der verwesenden Substanz. Eben dieses Wasser- und Kohlenstoffes wegen, den sie enthält, macht sie einen Nahrungsstoff der darin wachsenden Pflanzen aus,

und

und die fruchtbar machende Kraft des Düngers fürs Erdreich besteht hauptsächlich darin, daß derselbe durch Verwesung darin zur Dammerde wird, und also die Bestandtheile ersetzt, welche die Pflanzen bey ihrem Wachsthume daraus in sich nehmen. Uebrigens kann die Dammerde auch nach Beschaffenheit der mehrern oder mindern Vollendung der Verwesung verschieden seyn; so wie die Verwesung einer Substanz durch völlige Austrocknung aufgehalten werden kann.

Viertes Hauptstück.
Electrische Materie.

Einige vorläufige Thatsachen und Bemerkungen.

§. 1229.

Wenn man eine trockene Glasröhre, oder ein Stück Stangenschwefel, oder Bernstein, oder eine Stange Siegellack mit einem Stücke trockenen Flanell reibt, so findet man, daß leichte und kleine Stückchen Papier, Eisenfeil, Goldblättchen, kleine Korkkügelchen, u. dergl., von diesen geriebenen Körpern erst angezogen, hernach aber wieder zurückgestoßen werden. Ist die Glasröhre von hinlänglicher Größe, und lange und stark genug gerieben worden, z. B. dadurch, daß sie durch eine Maschine schnell zum Umdrehen gebracht wird und sich dabey an einem ledernen Küssen reiben muß; so macht sie, wenn man das Gesicht etwas nahe daran hält, die Empfindung, als wenn Spinnweben übers Gesicht gezogen würden. Man spürt einen süßlichen Geruch, fast wie nach Harnphosphorus; und nähert man ihr den Knöchel eines Fingers, so bricht ein leuchtender Funke mit einem Geräusche hervor, der zu gleicher Zeit in dem Finger ein Stechen verursacht.

§. 1230.

§. 1230. Diese Wirkungen einer noch nicht recht bekannten Ursach nennt man **electrische Erscheinungen** (Phaenomena electrica), und den Zustand der Körper, worin sich diese Erscheinungen zeigen, **Electricität** (Electricitas), womit man aber auch manchmal die Ursach selbst, die wir unterdessen **electrische Materie** oder **electrisches Fluidum** nennen wollen, bezeichnet. **Electrisirt** heißt ein Körper, der in den Zustand gebracht worden ist, daß er die angeführten Erscheinungen zeigt; **electrisch** aber derjenige, welcher dieses Zustandes fähig ist.

§. 1231. Wenn man den hinlänglich electrisirten Glascylinder oder die Siegellackstange einem starken metallenen, gehörig abgerundeten und ohne starke Spitzen und Ränder seyenden Drahte, der an seidenen Schnüren aufgehängt ist oder auf gläsernen Füßen ruhet, nähert, so bricht auch ein Funken hervor, wenn beyde nahe genug kommen, und der Metalldraht zeigt nun electrische Erscheinungen, oder ist electrisirt. Eben so wird auch der Metalldrath electrisirt, wenn er sonst in unmittelbarer Berührung mit der geriebenen Glasröhre, und den geriebenen Stellen nahe genug ist.

§. 1232. Nimmt man statt des Metalldraths dazu eine andere Glasröhre, eine Siegellackstange, oder ein seidenes Band, so erfolgt kein Funken bey der Annäherung, und diese werden nicht electrisirt; so wird aber auch der Metalldrath nicht zur Electricität gebracht, wenn er mit den geriebenen Stellen

der Glasröhre durch eine hinlänglich lange seidene Schnur verbunden ist.

§. 1233. Ferner zeigt auch der Metalldrath nach dem Ausbruche des Funkens von der geriebenen electrisirten Glasröhre keine Electricität, wenn denselben eine Person in der Hand hält, die auf der Erde steht, oder wenn er sonst mit der Erde in Berührung ist, oder in einer Mauer steckt.

§. 1234. Wenn eine metallene Röhre auf eine ähnliche Art, wie eine Glasröhre (§. 1229.) gerieben wird, während daß man sie in der andern Hand hält, so giebt sie keine Spur von den electrischen Erscheinungen.

§. 1235. Diese Erfahrungen (§. 1231 — 1234.) führen auf die Schlußfolge: daß das Metall, die Erde, der Mensch die electrische Materie, von welcher die electrischen Erscheinungen abhängen, **leiten**, oder sogleich auf ihrer Oberfläche oder durch ihre Substanzen weiter verbreiten; die Seide, das Glas, das Siegellack aber dieselbe **nicht leiten**, oder nicht fortführen, oder nicht durch sich sogleich durchlassen.

§. 1236. Man hat hiernach alle bekannte Körper in **Leiter** (Conductores) und **Nichtleiter** (non conductores) eingetheilt. Und weil die erstern durchs Reiben nach der gewöhnlichen Art nicht electrisirt werden können, sondern wegen ihrer leitung die durchs Reiben erregte Electricität sogleich abführen, so hat man sie auch **unelectrische** (Corpora anelectrica),

die

die letztern aber, welche durchs Reiben stark und merklich electrisirt werden, **eigentlich: electrische, an sich electrische Körper** (Corpora electrica) genannt.

§. 1237. Allein diese Eintheilung in electrische und unelectrische Körper ist nicht ganz genau und richtig; denn es können allerdings auch Metalle für sich durch Reiben electrisirt werden, wenn man nur die Ableitung der erregten Electricität verhütet. Es laufen auch die Grenzen der so genannten electrischen und unelectrischen Körper so in einander, daß wir weder **einen vollkommnen electrischen Körper**, der die electrische Materie gar nicht durch seine Substanz verbreitete, noch einen **vollkommenen Leiter**, in welchem die Electricität auf keine Art erregt werden könnte, kennen. Jeder electrische Körper ist vielmehr ein mehr oder weniger unvollständiger leiter, und jeder leiter ein mehr oder weniger unvollständiger electrischer Körper. Viele electrische Körper werden unter gewissen, oft zufälligen, Umständen zu leitern; und manche Körper sind eben so unvollständige leiter als Nichtleiter. Man nennt diese **Halbleiter**, z. B. trockene Marmorplatten, trockenes, nicht gewärmtes Holz.

§. 1238. Um indessen doch diejenigen Körper, in welchen, wie z. B. in dem Glase, die Electricität leicht und merklich durch Reiben an andern schicklichen Körpern erregt werden kann, und welche die erregte Electricität nicht sogleich fortführen und, es sey durch ihre Substanz oder auf ihrer Oberfläche, nur mit Schwierigkeit verbreiten, von den andern zu unterschei-

terscheiden, in denen das Gegentheil geschieht; so mögen die Benennungen der **Nichtleiter** für die erstern, und der **Leiter** für die letztern dienen, und wir werden dieselben auch in diesem Sinne brauchen.

§. 1239. Zu diesen **Nichtleitern**, oder **electrischen Körpern**, gehören besonders: das Glas und die **meisten** Verglasungen, Bergkrystall, alle Edelsteine, der Turmalin, russisches Glas; alle Harze, besonders Copal, Colophonium, Pech, Gummilack; Federharz; die Erdharze: Bernstein, Asphalt, Steinkohlen; der Schwefel; Wachs; die Seide; trockene Baumwolle; Federn; Wolle; Haare; trockenes Elfenbein; die fetten und ätherischen Oehle; gedörrtes und sehr trockenes Holz; die vollkommenen Metallkalke; und endlich die Luft, wenn sie nicht feucht ist.

§. 1240. Zu den **Leitern** müssen besonders gerechnet werden: alle reguliniſche Metalle; das Wasser, der Nebel; der Rauch; alle wässerige Säfte der Pflanzen und Thiere und ihre weichen Theile; thierische und vegetabilische Kohlen; alle Salzauflösungen; Weingeist; Naphtha; feuchtes Holz; feuchte Luft; und vorzüglich unsere Erde. Glühendes Glas ist ebenfalls ein Leiter, so wie auch geschmolzenes Harz, heiße Luft, sehr erhitztes gedörrtes Holz, da diese Körper sonst unter andern Umständen Nichtleiter sind. Auch die Feuerflamme ist ein Leiter.

§. 1241. Um die Nichtleiter zu **electrisiren**, d. h., sie in den Zustand zu versetzen, daß sie die electrischen Erscheinungen zeigen, dient vorzüglich das **Reiben**

mit verschiedenen Materien, von denen wir gleich reden werden; und da sich die electrische Materie auf diesen Nichtleitern nicht sogleich vertheilt, wie auf den Leitern, so zeigen sie jetzt Electricität. Sie heißen daher auch **ursprünglich-electrische Körper** (Corpora idioelectrica).

§. 1242. Wenn man aber einen Leiter durch andere Nichtleiter von andern leitenden Materien absondert, oder, wie man sagt, **isolirt**, z. B. dadurch, daß man ihn an seidenen Schnüren aufhängt, oder auf Glas, oder auf Harz u. dergl. stützt, (wie in dem Versuche §. 1231.), und dann so dem hinlänglich electrisirten Nichtleiter nähert oder damit in Berührung bringt, so wird er dadurch ebenfalls electrisirt. Man sagt in diesem Falle, die Electricität des Nichtleiters gehe an den Leiter über, oder theile sich ihm mit; man nennt diese Electricität des Leiters eine **mitgetheilte** (Electricitas communicata, derivativa), und unterscheidet sie von jener **ursprünglichen** der Nichtleiter (El. originaria). Die Leiter heißen deswegen auch **symperielectrische Körper**.

§. 1243. Da die Nichtleiter die mitgetheilte Electricität des mit ihnen verbundenen, oder durch sie isolirten, Leiters nicht sogleich abführen, so zeigt er jetzt die electrischen Erscheinungen. Da die trockene Luft ein Nichtleiter ist, so kann der zu electrisirende Leiter darin isolirt werden; und wir würden, wenn sie es nicht wäre, gar keine mitgetheilte Electricität darin hervorbringen, überhaupt nichts von Electricität wissen.

wissen. Feuchte und erwärmte Luft aber leitet, und daher gehen bey feuchtem Wetter die electrischen Versuche nicht so gut von Statten, als bey trockenem; und in Zimmern, worin viele Personen sind, schlecht oder gar nicht. Ueberhaupt ist die atmosphärische Luft, weil sie nie von leitenden Stoffen frey ist, ein ziemlich unvollkommener Leiter.

§. 1244. Wenn man einen isolirten electrisirten Leiter mit einem andern, nicht-isolirten, Leiter berührt, so verliert jener seine Electricität ganz und auf einmal; ein ursprünglich-electrisirter Nichtleiter verliert seine Electricität nur durch wiederholtes Berühren, und der allmälige Verlust seiner Electricität trifft jedesmal nur die berührte Stelle.

§. 1245. Ein Nichtleiter entzieht dem isolirten electrisirten Leiter wenig oder nichts; und um ihn durch Mittheilung zu electrisiren, muß man ihn an mehrern Stellen berühren, und doch nimmt er die Electricität nur mit Schwierigkeit an.

§. 1246. Die Quantität der mitgetheilten Electricität unter isolirte Leiter von einerley Materie richtet sich der Erfahrung zufolge nicht nach ihren Massen, sondern nach ihren Oberflächen und der Ausdehnung in die Länge.

G. C. Bohnenbergers Beyträge zur theoretischen und practischen Electricitätslehre. St. II. Stuttg. 1793. 8. S. 46. ff.

§. 1247. Das electrische Fluidum, das einem leitenden Körper mitgetheilt wird, wird lediglich nur

auf

auf der Oberfläche desselben verbreitet, ohne in sein Inneres einzudringen.

Coulomb's Abhandl. über die Electricität; im neuen Journal der Physik, B. III. S. 58.

§. 1248. In Ansehung der Quantität des electrischen Fluidums, welche Leiter von verschiedener Art aufzunehmen fähig sind, hat Herr **Coulomb** das merkwürdige Gesetz entdeckt: daß die Vertheilung des electrischen Fluidums unter Leiter von verschiedener Art, und übrigens gleicher und ähnlicher Gestalt, ganz einerley ist, die Natur dieser Körper mag seyn, wie sie will. So z. B. tritt eine isolirte kupferne Kugel genau die Hälfte ihrer Electricität an eine isolirte Kugel von Hollundermark ab, wenn diese von gleichem Durchmesser ist.

Coulomb a. a. O. S. 57. ff.

§. 1249. Durch die Mittheilung werden die isolirten Leiter electrisirt, nicht nur wenn sie mit electrisirten Körpern in unmittelbarer Berührung sind, sondern auch dann, wenn sie ihnen auf eine gewisse Weite genähert werden. Ist das genäherte Ende des Leiters stumpf, oder abgerundet, so entsteht ein **Funken**, wenn er dem electrisirten Körper nahe genug kommt, der nach der verschiedenen Stärke der Electricität mit einem größern oder geringern Geräusche oder Knalle sichtbar hervorbricht. Die Weite, in welcher dies geschieht, heißt die **Schlagweite**, und sie ist, alles Uebrige gleich gesetzt, desto größer, je stärker die Electricität des electrisirten Körpers ist. Wenn der electrisirte Körper ein Nichtleiter ist, so ist der

Funken

Funken nur schwach, und die Schlagweite nicht so groß, als bey einem electrisirten, isolirten Leiter. Ist in diesem Falle der Leiter, mit welchem man den Funken herauslockt, isolirt, so vertheilt sich die Electricität nach Maaßgabe der Oberfläche der Leiter; ist er aber nicht isolirt, so zeigen beyde nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität weiter.

§. 1250. Wenn das genäherte Ende des Leiters zugespitzt ist, so geschieht der Uebergang der Electricität durch ein **Ueberströmen**, das bey schwachen Electricitäten wenigstens im Dunkeln entweder in Gestalt eines **Lichtpunctes** oder eines **Feuerbüschels** erscheint. Die Weite, in welcher hier der Uebergang der Electricität geschieht, ist weit beträchtlicher, als bey der Mittheilung durch Funken, und kann sich bey starken Electricitäten auf eine sehr beträchtliche Weite erstrecken. Bey nicht zu schwachen Electricitäten ist dieses Ueberströmen durch Spitzen mit einem merklichen Geräusche begleitet.

§. 1251. Eben so leicht, als die electrische Materie in Leiter durch Spitzen derselben überströmt, so leicht strömt sie durch dieselben auch wieder aus den isolirten Leitern aus; und ein electrisirter isolirter Leiter, der mit Spitzen versehen ist, verliert seine Electricität sehr bald, und viel früher, als ein abgerundeter.

§. 1252. Bey dem Ausströmen der Electricität aus den Spitzen eines isolirten Leiters nimmt man auch zugleich durchs Gefühl eine Bewegung wahr, wie ein Blasen, das aber allezeit von der Spitze ausgeht.

§. 1253.

§. 1253. So verhindert auch eine leitende unisolirte Spitze, die man in der Nähe eines isolirten Leiters hält, die Anhäufung der dem letztern zugeführten Electricität, und führt diese schnell und stark ab.

§. 1254. Wenn man einen isolirten Leiter electrisirt, so wird die Electricität sich darauf verbreiten, bis sie das Maximum ihrer Elasticität oder Dichtigkeit, oder **Intensität** erhalten hat, das der Leiter vermöge seiner **Capacität** erhalten kann. Was nun dem Leiter noch weiter von electrischer Materie zugeführt wird, theilt sich nach und nach der ihn umgebenden Luft mit. Die Luft ist zwar ein Nichtleiter (§. 1239.), aber ein ziemlich unvollkommener. Die umgebende Luft wird also auch nach und nach electrisirt, obgleich um desto langsamer, je trockener sie ist, oder je weniger sie leitet. Dies ist es aber nicht, was man mit **Franklin** electrische Atmosphäre nennt, und was **Aepinus** und **Wilke** mit dem Nahmen der **electrischen Wirkungskreise** bezeichnen. Diese sind der Raum um den electrisirten Körper herum, in welchem sich das electrische Anziehen und Abstoßen äußert.

Bohnenbergers Beyträge zur theor. und prakt. Electricitätsl. St. I. Stuttg. 1793. S. 82. ff. St. II. S. 135. ff.

Die electrischen Atmosphären entstehen auf andere Art, als durch Mittheilung, nämlich durch Vertheilung der natürlichen electrischen Materie der Luft, wovon erst in der Folge das Weitere vorkommen wird.

§. 1255. Wäre die Luft ein vollkommener Nichtleiter, und wären es auch die andern Substanzen, die man zum Isoliren braucht, so würde ein electrisirter

ter isolirter Leiter sein Maximum der Electricität ungeschwächt erhalten. Da jenes aber nicht ist, so verliert er seine Electricität allmälig. Herr **Coulomb** hat durch seine Versuche gefunden, daß, wenn der Zustand der Luft derselbige bleibt, das Verhältniß der durch sie verloren gehenden Electricität eines Leiters zur mittlern Intensität eine beständige Größe bleibt. Er hat ferner in Beziehung auf die Verbreitung der Electricität über die isolirenden Substanzen entdeckt, daß zur vollkommnern Isolirung des Leiters die Längen der isolirten Träger sich wie die Quadrate der Intensität der Electricität des Leiters verhalten müssen.

Coulomb a. a. O. S. 53. ff. S. 57.

Die Electrisirmaschine.

§. 1256. Jetzt können wir nun von den bisher angeführten Thatsachen Gebrauch machen, um daraus die Erfordernisse und Einrichtung der **Electrisirmaschinen** zu beurtheilen. Die wesentlichen Theile derselben sind: 1) der **electrische Körper**, der **Reiber**, aus einer nicht-leitenden Materie, der durch eine bequeme Vorrichtung zu einer schnellen Bewegung gebracht, und vermittelst dessen durchs Reiben die Electricität leicht erregt wird; 2) das **Reibzeug** selbst; und 3) der **isolirte Leiter**, den man auch wohl den **Hauptleiter**, den **ersten Leiter**, oder schlechtweg den **Conductor** nennt, und dem die durchs Reiben entwickelte Electricität zugeführt wird. Er ist deswegen nöthig, daß man aus ihm starke Funken oder starke Ueber-

Uebergänge der Electricität erhalte, weil diese aus dem geriebenen Nichtleiter nur allemal schwach sind (§. 1249.).

§. 1257. Da es mancherley Nichtleiter giebt, die zur Erregung der Electricität geschickt sind (§. 1239.), so hat man auch mehrere davon zu den Reibern der Electrisirmaschinen vorgeschlagen und angewendet. Nach der Verschiedenheit dieser electrischen Körper hat man daher **Glasmaschinen, Zeugmaschinen**, von wollenem Zeuge, gefirnißtem Taffent, **Harzmaschinen**, u. a. Das ist aber wohl ausgemacht, daß die Glasmaschinen in Ansehung der Bequemlichkeit und Wirksamkeit vor allen andern den Vorzug verdienen. Grünes und hartes Glas hat Vorzüge vor weißem und weichem Glase. In Ansehung der Form, in welcher man das Glas als Reiber anwendet, hat man **Kugelmaschinen, Sphäroidmaschinen, Cylindermaschinen** und **Scheibenmaschinen**. Die erstern beyden Arten sind jetzt mit Recht obsolet geworden, da man dem Reibzeuge die dazu nöthige Krümmung nicht gehörig geben kann; und man ist bey den beyden letztern Arten, als den vortheilhaftesten und bequemsten, stehen geblieben. Wenn man die Zerbrechlichkeit der **Glasscheiben**, die Unbequemlichkeit bey der Behandlung ihrer Reibzeuge, die Unvollkommenheit der Isolirung der Reibzeuge dabey, und ihren höhern Preis bedenkt; so kann man wohl nicht anstehen, den **Glascylindern** den Vorzug vor den Scheiben einzuräumen.

Ich kann mich hier nicht in eine Beschreibung des Details der Einrichtung der verschiedenen Electrisirmaschinen und des dazu gehörigen Apparates einlassen, sondern ich verweise in dieser Hinsicht auf folgende Schriften:

Vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Electricität, nebst eigenen Versuchen von Tiberius Cavallo, aus dem Engl., 3te Auflage. Leipzig 1785. 8.

John Cuthbertsons Abhandlung von der Electricität, nebst einer genauen Beschreibung der dahin gehörigen Werkzeuge und Versuche, aus dem Holländ. Leipz. 1786. 8. Dritte Fortsetzung, ebend. 1796. 8.

Versuch über die Electricität, worin Theorie und Ausübung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert wird, von Geo. Adams, aus dem Engl. Leipz. 1785. 8.

G. C. Bohnenbergers Beschreibung einiger Electrisirmaschinen und electrischer Versuche. Stuttg. 1783. 8. I.—VI. Fortsetzung, ebendas. 1791. 8.

Beschreibung einer ungemein großen Electrisirmaschine, und der damit im Teylerschen Museum zu Harlem angestellten Versuche durch Martinus van Marum, aus dem Holländ. Leipz. 1786. 4. Erste Fortsetzung, a. dem Holl. Leipz. 1788. 4. Die zweyte erschienene holländische und französische Fortsetzung: Seconde Continuation des Experiences faites par le moyen de la Machine electrique Teylerienne, par *Mart. van Marum*, à Harlem 1795. 4., ist noch nicht ins Deutsche übersetzt.

Beschreibung einer neuen einfachen und vortheilhaften Electrisirmaschine, vom Hrn. van Marum; in Grens Journ. der Physik, B. IV. S. 3. ff.

Beschreibung einer sehr vortheilhaft eingerichteten Electrisirmaschine, von Reiser; in Voigts Magazin für das Neueste aus der Physik, B. VII. St. 3. S. 73. ff. Weitere Beschreibung derselben von M. F. Wild; ebendas. St. 4. S. 77. ff.

Versuche und Beobachtungen über die Electricität, von Hrn. Will. Nicholson; in Grens Journ. der Physik, B. III. S. 49. ff.

Beschreibung einer neuen sehr wirksamen Electrisirmaschine, von L. C. Lichtenberg; im Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. I. St. 1. S. 83. ff.

Beschreibung einer neuen Electrisirmaschine, von Herrn G. W. Mundt; im Journ. der Physik, B. VII. S. 319. ff.

Beschreibung einer sehr wirksamen Electrisirmaschine, von Geo. Heinr. Seiferheld. Nürnberg 1787. 8.

§. 1258.

§. 1258. Damit die in dem Glascylinder der Electrisirmaschine eingeschlossene Luft durch ihre Ausdehnung beym Warmwerden des Cylinders nicht zum Zerspringen desselben Gelegenheit gebe, ist es nöthig, durch ein Loch in einer der Hauben seiner Hälse den freyen Aus- und Eintritt der Luft zu verstatten. Die innere Seite der Cylinder überzieht man auch vortheilhaft, zur Verhütung des Anhängens der Feuchtigkeit an die innere Glasfläche, mit einem harzigen Ueberzuge. Die eiserne Achse muß nicht durch den Cylinder gehen, um dadurch nicht Electricität zu binden, und aus eben dem Grunde finde ich daher es auch nicht tauglich, Cylinder mit eingeschlossener verdünnter Luft anzuwenden.

Man behauptet zwar jetzt, daß es besser sey, auf der innern Fläche des Cylinders eine leitende Substanz anzubringen, weil dann desto mehr Electricität auf der äußern Fläche angehäuft werden könnte, wovon die Gründe sich erst aus dem weiter unten Folgenden ergeben werden. Allein, wenn gleich dadurch die Capacität der äußern Fläche für Electricität wächst, so nimmt dadurch auch die Intensität der Electricität ab. Allerdings aber würde es vortheilhaft seyn, der Fläche des Reibzeuges gerade gegen über, und nirgends anders, auf der innern Fläche eine leitende Substanz anzubringen.

§. 1259. Zum Reibzeuge bey den Glasmaschinen nahm man sonst lederne Küssen, die man mit Haaren stopfte. D. Nooth hat bey den gläsernen Cylindermaschinen mit mehrerm Vortheile ein dünnes mit Pferdehaaren ausgestopftes seidenes Küssen vorgeschlagen, das mit der einen Seite an ein, nach der Krümmung des Cylinders eingerichtetes, hölzernes Gestell befestigt, und mit einem hieran befestigten und mit einem Zinkamalgama und etwas Fett bestri-

chenen Leder nur bedeckt ist, an dessen anderm Ende sich ein Stück Wachstaffent befindet, der einen Theil des Cylinders umgiebt. Um das Küssen bequem an den Cylinder zu drücken, dienen Stahlfedern, oder noch besser seidene Schnüre, die an dem andern freyen Ende des Küssens befestigt, über den Cylinder gezogen, und an einem bequemen Orte des Tisches, worauf die Maschine steht, hinlänglich angespannt werden. Bequem ist es, wenn man das Reibzeug auch isoliren kann; und dies geschieht am besten dadurch, daß man das Bret, worauf das Küssen ruhet, auf eine hinlänglich starke gläserne Säule setzt, die man auch wohl noch mit Pech oder Siegellack ausgießt und überzieht. Um diese Isolirung aufzuheben, hängt man an das Gestell des Küssens einen Metalldraht, der bis auf die Erde reicht.

Cavallo a. a. O. S. 106. f.

Das Zinkamalgama besteht aus 5 Theilen Zink, und 1 Theil Quecksilber. Man schmelzt das erstere, und gießt dann das Quecksilber dazu, entfernt das Gefäß vom Feuer, und rührt alles wohl um. Von diesem Amalgama reibt man etwas in einem steinernen Mörser recht fein, und mit etwas Unschlitt zusammen, und streicht es auf das Leder auf. So oft das Amalgama auf dem Leder fest und trocken wird, muß man es entweder auskratzen, oder neues auftragen.

Eine vortheilhaftere Einrichtung der Reibzeuge für Scheibenmaschinen beschreibt Hr. van Marum; in Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 167. ff. B. VI. S. 70. ff.

§. 1260. Der erste Leiter oder Conductor der Maschine (§. 1256.) ist ein blecherner Cylinder, der an dem einen, dem electrischen Reiber zugekehrten, Ende mit mehrern Spitzen, dem Zuleiter, versehen, sonst aber, um das Ausströmen der Electricität aus

ihm

ihm zu verhüten, allenthalben aufs genaueste abgerundet und ohne scharfe Ecken und Kanten seyn muß. Man befestigt an dem hintern und äußersten Ende desselben auch wohl noch eine messingene Kugel, und überzieht das Uebrige, den Zuleiter ausgenommen, mit Firniß oder Siegellack. Dieser erste Leiter muß nothwendig isolirt seyn, wenn er electrisirt werden soll, und man stellt ihn deswegen mit den unten an ihm befestigten metallenen Hauben, die wohl abgerundet seyn müssen, auf hinlänglich lange und starke Glasfüße, die man auch noch mit einem Firniß überzieht und mit Pech ausgießt. Nicht so sicher und fest hängen ihn Manche an seidenen Schnüren auf. Große Leiter macht man auch wohl von Holz oder Pappe, die man mit Zinnfolie überzieht.

§. 1261. Außer diesem ersten Conductor ist es gut, wenn man noch mit einem zweyten versehen ist, den man von der Decke des Zimmers herab an seidenen Schnüren aufhängt, und den man durch eine Kette mit dem leitenden Gestelle des isolirten Reibzeuges in Verbindung setzen kann.

§. 1262. Damit die Versuche mit der Electrisirmaschine gut von Statten gehen, müssen alle Theile derselben von Staub und Feuchtigkeit befreyet seyn; sie selbst muß nicht in zu großer Nähe von ableitenden Gegenständen, und die Luft muß nicht zu feucht seyn.

§. 1263. Wegen der Mittheilung der Electricität an die umgebende Luft (§. 1254.), zumal wenn diese feucht ist, wird bey einer schwachen Wirksamkeit

der Maschine die Anhäufung auf dem Leiter weit geringer seyn müssen, als es bey einer wirksamern Maschine auf einem gleich großen Leiter bey übrigens gleichen Umständen der Luft und Isolirung der Fall seyn wird. Bey einer schnellen und starken Wirksamkeit der Maschine kann die in Ueberfluß dem Leiter zugeführte electrische Materie entweder nach dem Reibzeuge zurückgehen, oder nach andern leitenden Theilen der Maschine sichtbar abströmen. Uebrigens erhellet aus den vorher angeführten Thatsachen, daß es für die Wirksamkeit jeder Maschine ein gewisses Maaß der Größe des Leiters geben müsse, welches das vortheilhafteste ist.

Electrische Erscheinungen mit der Electrisirmaschine ohne Verstärkungsflasche.

§. 1264. Man hebe die Isolirung des Reibzeuges auf, man nehme den Conductor von der Maschine ab, und bringe den Cylinder in Umlauf. Man wird jetzt schon in beträchtlicher Entfernung vom letztern die Empfindung erhalten, als wenn Spinnweben übers Gesicht gezogen würden, und der besondere Geruch wird sich weit stärker verbreiten, als wenn der Conductor der Maschine daran applicirt ist. Hält man die Knöchel des Fingers in die Nähe des umlaufenden Cylinders, so brechen ohne Unterlaß knisternde Funken aus ihm hervor, die aber nur kurz und klein sind.

§. 1265. Man setze den Conductor auf seine Träger und electrisire, wie vorher. Nähert man jetzt dem electrisirten Conductor den Knöchel des Fingers, oder einen andern gehörig abgerundeten Leiter, so bricht ein weit stärkerer Funke mit einem stärkern Schalle und lebhaftern Lichte hervor. Die Geschwindigkeit des Ueberganges des Funkens ist so groß, daß man nicht unterscheiden kann, ob er aus dem Conductor, oder dem ihm genäherten Leiter, oder aus beyden zugleich komme. Der Funken ist gerade, wenn er nur kurz ist; bey einer größern Länge hingegen geschlängelt.

§. 1266. Die Länge und Stärke der gezogenen Funken hängt allerdings von der Wirksamkeit der Maschine ab; indessen hat doch die electrische Atmosphäre und die Gestalt des genäherten Leiters darauf Einfluß.

Um durch Hülfe einer Nadelspitze, die man zwischen dem Daumen und dem Zeigefinger gehörig faßt, recht lange Funken aus dem Conductor zu ziehen, lehrt Hr. Bohnenberger: Beyträge zur theor. und pract. Electricitätsl. St. IV. Stuttg. 1795. S. 92. ff.

§. 1267. Man hänge einen zweyten Conductor an seidenen Schnüren auf, und nähere ihn isolirt dem ersten electrisirten Conductor, so bricht auch zwischen beyden ein Funken hervor, und der zweyte Conductor ist nun electrisirt.

§. 1268. Eben so wird der zweyte isolirte Conductor auch electrisirt, wenn er mit dem ersten electrisirten Conductor durch eine metallene Kette in leitender Verbindung ist.

§. 1269. Er wird hingegen nicht electrisirt, wenn er durch ein hinlänglich langes seidenes Band damit in Verbindung ist.

§. 1270. Es trete eine Person auf einen trockenen Harzkuchen, und fasse eine Kette in die Hand, die mit dem Conductor der Maschine connectirt. Wird nun electrisirt, so zeigt die Person die Erscheinungen eines electrisirten Conductors.

§. 1271. Man lasse in der Nachbarschaft des Conductors ein Korkkügelchen an einem feuchten Zwirnsfaden herabhängen, und electrisire dann. Das Korkkügelchen mit dem Faden wird sogleich aus der verticalen lage gebracht und gegen den Conductor hingezogen, auch schon in beträchtlichen Entfernungen.

§. 1272. Man befestige den feuchten Faden, woran das Korkkügelchen hängt, unmittelbar an den Conductor, und electrisire. Jetzt wird das Korkkügelchen sich gegen jeden ihm genäherten leiter zu bewegen, oder von ihm schon in beträchtlicher Entfernung angezogen werden.

§. 1273. Man hänge zwey Korkkügelchen an einem feuchten Zwirnsfaden unmittelbar an den Conductor, so daß sie parallel herabhängen, so werden sie beym Electrisiren divergirend aus einander gehen. Eben so sträuben sich auch die Haare eines Haarbusches, feine haarförmige Glasfäden, die an dem Conductor der Maschine hängen, divergirend aus einander.

§. 1274

§. 1274. Ein Korkkügelchen, das an einem seidenen Faden hängt, also isolirt ist, dem electrisirten Conductor genähert, wird davon erst bis zur Berührung angezogen, dann aber sogleich abgestoßen, und bleibt abgestoßen.

§. 1275. Man lege ganz kleine Papierschnitzelchen oder Sägespäne in eine metallene Schaale, die auf dem Conductor steht, und electrisire, so werden jene ganz weggestreuet.

§. 1276. Ein Korkkügelchen, das, an einem seidenen Faden hängend, von dem electrisirten Conductor der Maschine stetig abgestoßen bleibt (§. 1274.), wird von einem ihm genäherten nicht-isolirten Leiter angezogen, und nach der Berührung damit wieder vom Conductor, und so wechselseitig fort; oder es spielt zwischen beyden bis zur Berührung beständig hin und her.

Hierher gehört:
Die electrische Spinne.
Der Tanz der papiernen Puppen.
Das electrische Glockenspiel.

§. 1277. Wenn man eine oder mehrere leitende Spitzen auf den Conductor befestigt, so wird die Intensität der ihm mitzutheilenden Electricität dadurch geschwächt. Man fühlt eine Art von Wind aus den Spitzen, und man sieht im Dunkeln bey nicht zu schwacher Wirksamkeit der Maschine an der Spitze einen leuchtenden Feuerbüschel, dessen Strahlen von der Spitze ausgehen (§. 1250.)

§. 1278.

§. 1278. Wenn man eine leitende Spitze in die Nachbarschaft des Conductors hält, so wird die Intensität seiner Electricität dadurch ebenfalls sehr geschwächt, und man sieht im Dunkeln an dieser Spitze einen leuchtenden Punct (§. 1250.).

§. 1279. Wenn man ein dünnes metallenes Kreuz, dessen Arme zugespitzt und mit ihren Enden nach einerley Richtung umgebogen sind, mit seinem ausgehöhlten Mittelpuncte auf eine metallene Spitze legt, die auf dem Conductor steht, so kommt es bey dem Electrisiren des Conductors in Umlauf, und zwar nach der entgegengesetzten Richtung seiner gebogenen Enden.

§. 1280. Man bringe einen isolirten zweyten Leiter an den electrisirten Conductor der Maschine, ertheile ihm Electricität, entferne ihn dann wieder isolirt davon, und berühre ihn mit einem nicht-isolirten Leiter, so verliert er seine Electricität ganz und auf einmal. Er verliert sie hingegen nicht bey Berührung mit einer Siegellackstange oder einem Nichtleiter.

§. 1281. Der durch einen nicht-isolirten Leiter berührte geriebene Glascylinder der Maschine verliert dadurch seine Electricität nicht auf einmal, sondern zeigt auch nach vielfältigem Berühren noch das Anziehen des Korkkügelchens an einem Zwirnsfaden.

§. 1282. Man stelle eine kleine metallene Schaale, mit gehörig abgerundeten Rändern, worein man etwas Vitriolnaphtha gegossen hat, auf den Conductor,

tor, und electrisire. So wie man nun aus der Naphtha durch den Finger einen Funken zieht, entzündet sich dieselbige. Der Versuch läßt sich auch mit erwärmten Alcohol anstellen.

§. 1283. Auch das Wasserstoffgas läßt sich durch den electrischen Funken leicht anzünden, wenn es mit Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft vermischt ist. Hierher gehört die **electrische Pistole.**

Entgegengesetzte Electricitäten.

§. 1284. Man hänge einen Leiter an seidenen Schnüren auf, isolire das Reibzeug der Electrisirmaschine, verbinde es durch eine Kette mit dem isolirten Leiter, hebe die Isolirung des ersten Conductors der Maschine auf, oder lasse von ihm einen Metalldraht zur Erde gehen, und electrisire. Jetzt zeigt das Reibzeug und der damit verbundene isolirte Leiter Electricität; der erste Conductor der Maschine kann aber keine zeigen, da er nicht mehr isolirt ist.

§. 1285. Alle vorhin (§§. 1265 — 1283.) beschriebene electrische Versuche kann man nun an dem Leiter anstellen, der mit dem isolirten Reibzeuge in leitender Verbindung ist.

§. 1286. Wenn man hierbey den ersten Conductor der Maschine auch isolirt, so ist die Electricität des Reibzeuges so wohl, als die des ersten Conductors nur schwach.

§. 1287. An sich betrachtet zeigt sich die Electricität des Reibzeuges oder des damit verbundenen isolirten

lirten Leiters von der bisher betrachteten des ersten Conductors der Maschine nicht verschieden; allein beym Gegeneinanderhalten beyder Electricitäten offenbaren sich wesentliche und bemerkenswerthe Unterschiede, die wir jetzt näher betrachten wollen.

§. 1288. 1) Man verbinde einen Leiter, an seidenen Schnüren hängend, durch eine Kette mit dem ersten isolirten Conductor der Maschine, während das Reibzeug nicht isolirt ist, so wird jener Leiter beym Electrisiren die Electricität des Conductors der Maschine erhalten, und wenn man beyde einander nähert, werden keine Funken überschlagen. 2) Man verbinde den isolirten Leiter, statt mit dem Conductor der Maschine, mit dem Leiter des isolirten Reibzeuges, hebe die Isolirung des ersten Conductors der Maschine wieder auf, und electrisire. Jetzt wird der zweyte Leiter die Electricität des Reibzeuges erhalten, und dem ersten Leiter des Reibzeuges genähert, daraus keinen Funken ziehen. 3) Man isolire den ersten Conductor der Maschine und auch das Reibzeug; man verbinde mit letzterm durch eine metallene Kette einen an seidenen Schnüren hängenden Leiter, und electrisire. Nähert man nun den Conducor des Reibzeuges dem ersten Conductor der Maschine, so schlagen zwischen beyden starke Funken.

§. 1289. Zwey isolirte Leiter also, die beyde gleich stark mit der Electricität des ersten Conductors der Maschine versehen sind, geben sich bey ihrer Annäherung

näherung keine Funken. Eben dies ist der Fall, wenn beyde gleich stark die Electricität des Reibzeuges besitzen. In beyden Fällen behalten sie auch ihre Electricitäten. Aber ein durch das isolirte Reibzeug electrisirter isolirter Leiter und ein durch den Reiber der Maschine electrisirter isolirter Leiter geben sich starke Funken, und beyder Electricitäten hören dann verhältnißmäßig auf.

§. 1290. 2) Wenn man auf dem mit der Electricität des Reibzeuges versehenen Leiter eine leitende Spitze angebracht hat, so sieht man an derselben im Dunkeln keinen divergirenden Feuerbüschel, sondern bloß einen **leuchtenden Punct** oder **Stern**. Wenn man aber diesem so electrisirten Leiter eine leitende Spitze nähert, so zeigt sich an dieser ein leuchtender Feuerbüschel. Also ist das Phänomen umgekehrt als das oben (§. 1277. f.) erwähnte. Man kann sich davon noch mehr überzeugen, wenn man einen an beyden Enden zugespitzten Metalldraht vermittelst eines gläsernen Handgriffes in gehöriger Entfernung zwischen dem electrisirten Conductor der Maschine und dem electrisirten Conductor des Reibzeuges hält.

§. 1291. 3) Man verbinde einen Metalldraht, der an dem einen Ende abgerundet und mit einem gläsernen Handgriffe in der Mitte versehen ist, mit dem andern Ende durch eine Kette mit dem ersten Conductor der Maschine, führe das abgerundete Ende, während des Electrisirens, auf einem recht glatten, trockenen, Harzkuchen umher, und ertheile so den

berührten

berührten Stellen desselben die Electricität des Conductors. Man bestreue dann den Harzkuchen dünn mit Bärlappsaamen, so bildet dieser an den electrisirten Stellen strahlige Figuren. Man ertheile dem nachher wieder rein abgewischten Harzkuchen an den berührten Stellen die Electricität des Reibzeuges, und es zeigen sich nach dem Bestäuben mit Bärlappsaamen runde Flecke ohne Strahlen.

I. C. Lichtenberg de nova methodo, naturam ac motum fluidi electrici investigandi; in den *nov. comment. societ. Goetting.* T. VIII. 1777. S. 168.

§. 1292. 4) Ein isolirter, leicht beweglicher, leitender Körper, z. B. ein Korkkügelchen, das an einem seidenen Faden hängt, wird in der Nachbarschaft des electrisirten Conductors der Maschine von demselben angezogen, dann aber wieder abgestoßen und bleibt abgestoßen (§. 1274.). Aber in diesem Zustande des Abstoßens wird es von dem electrisirten Conductor des Reibzeuges angezogen. Das von diesem angezogene Korkkügelchen wird dann wieder abgestoßen, und bleibt abgestoßen; aber es wird in diesem Zustande des Abstoßens von dem ersten Conductor der Maschine angezogen. Also, was die Electricität des Conductors und des Reibers der Maschine abstößt, das zieht die Electricität des Reibzeuges an, und umgekehrt.

§. 1293. Zwey isolirte Korkkügelchen, wovon dem einen die Electricität des Conductors der Maschine, dem andern die Electricität des Reibzeuges mitgetheilt

getheilt worden ist, ziehen sich einander an, und ihre Electricitäten hören auf.

§. 1294. Zwischen einem durch den Conductor der Maschine und einem durch das isolirte Reibzeug electrisirten isolirten Leiter springen leichte isolirte leitende Körperchen beständig hin und her, und werden wechselseitig von dem einen und dem andern angezogen und abgestoßen, bis die Electricität beyder Leiter erschöpft ist.

§. 1295. Wenn man eine Siegellackstange durch Reiben mit einem Katzenfelle electrisirt, und ein kleines leichtes Korkkügelchen vermittelst eines feinen Zwirnsfadens darüber hängt, so wird dieses von einer andern geriebenen Siegellackstange abgestoßen, von einer geriebenen Glasröhre aber angezogen werden. Eben so stößt auch 5) das isolirte electrisirte Reibzeug unserer Maschine das Korkkügelchen der electrisirten Siegellackstange ab, der electrisirte Conductor und der geriebene Cylinder zieht es an.

§. 1296. Es hat also ganz das Ansehen, als ob es zweyerley Arten der Electricität giebt, die sich einander entgegengesetzt sind, wie positive und negative Größen, die sich einander aufheben, oder vernichten, wenn sie gleich groß oder stark sind. Es mag nun eine Bewandtniß damit haben, welche es will; so müssen wir hier wenigstens den Zustand der durchs isolirte Reibzeug oder durch den Reiber electrisirten Körper, d. h., ihre Electritäten, als entgegengesetzt (Electricitates contrariae) ansehen, und, ohne uns

noch um die Ursach zu bekümmern, die Gesetze dieses verschiedenen Zustandes zu erforschen uns bemühen.

§. 1297. Schon **du Fay** bemerkte den Unterschied der Electricität des geriebenen Glases und des Harzes, und unterschied sie durch den Namen: **Glaselectricität** und **Harzelectricität**: eine Bezeichnung, die nicht gut gewählt ist, weil, wie die Folge lehren wird, das Glas und das Harz bald die eine, bald die andere Art der Electricität erhalten kann. **Franklin** führte aus Gründen, die nachher angeführt werden, die Namen: **Plus-** und **Minus-Electricität**, jenen für die Electricität des Reibers, diesen für die Electricität des Reibzeuges der Glasmaschine, ein, die er auch **positive** und **negative Electricität** nannte. Hr. **Lichtenberg** bezeichnet sie auf eine bequeme Art durch + E und — E.

Erxlebens Naturlehre von Hrn. Lichtenberg, 5. Aufl. S. 501. f.

§. 1298. Allemal findet man, daß das isolirte Reibzeug die entgegengesetzte Electricität des Reibers und Conductors erlangt: — E, wenn diese + E haben; + E, wenn diese — E erhalten.

§. 1299. Gewöhnlich erhält bey dem Aneinanderreiben zweyer Substanzen diejenige, welche am wenigsten leitet oder am meisten electrisch ist, + E, die mehr leitende — E. Größere oder geringere Glätte oder Feuchtigkeit ändern aber die Resultate dieser Versuche sehr ab; und die Versuche dieser Art erfordern überhaupt sehr große Behutsamkeit und Vorsicht.

§. 1300. Durch Versuche hat man gefunden: 1) Glattes Glas erhält + E, wenn es mit leitenden oder isolirenden Substanzen gerieben wird, nur mit Katzenbalge gerieben wird es — E. 2) Raubes und matt geschliffenes Glas wird + E, wenn es mit Schwefel, Seide, Wachstaffent, und Metallblättern; — E, wenn es mit wollenen Tüchern, mit polirtem Glase, mit Siegellack, mit Papier, oder mit der Hand gerieben wird. 3) Harz und Siegellack bekommt durchs Reiben mit Metall, Schwefel und matt geschliffenem Glase, + E; mit polirtem Glase, wollenen Tüchern, weichen Fellen, Papier, — E. 4) Hasenfell erhält mit Metallblättern, Tuch, Seide, Papier, oder mit der Hand gerieben, + E. 5) Weiße Seide wird + E durch Metallblätter, Tuch, schwarze Seide; — E durch Papier, durch die Hand, und durch weiche Felle. 6) Schwarze Seide + E an Siegellack, — E an weißer Seide, weichem Felle, Papier, oder an der Hand gerieben. 7) Schwefel wird + E mit Metall; — E mit polirtem und mattem Glase, Siegellack, Holz, Papier, Tuch, und mit der Hand gerieben. 8) Metalle werden + E mit Harz; — E mit polirtem Glase. Der Unterschied und die Benennung: Glas- und Harzelectricität, für + und — E ist eben deswegen nicht genau und richtig, weil diese Körper bald +, bald — erhalten können.

Eigene Versuche hierüber haben angestellt: Wilson (Philos. transactions, 1760. Vol. LI.); Symmer, (ebendas. S. 340.); Cigna (Miscellanea societ. Taurinensis, 1765. S. 31.); Beccaria (G. *Beccaria* dell' Ellettricismo artificiale, in Turino 1753. 4.); Wilke (de electricitatibus

tibus contrariis, Rostoch. 1757. 4.); **Aepinus** (Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, auct. *F. V. Aepino*, Petrop. 1759. 4.); **Bergmann** (Experimenta electrica cum tabulis vitreis sibi mutuo affrictis instituta; in seinen *opusc. phys. - chem.* Vol. V. S. 370.; Experimenta electrica cum taeniis sericis instituta; ebendas. S. 391.); **Lichtenberg** (Erxlebens Naturl. 6. Aufl. S. 475. ff.

Gesetze der Electricität.

§. 1301. Ohne uns hier schon um die Ursach der Verschiedenheit der Electricitäten zu bekümmern, können wir doch die Gesetze, die sie befolgen, näher entwickeln. Diese Gesetze sind einfach, aber fruchtbar an Folgerungen, und gewähren eine leichte Uebersicht der bis jetzt vorgetragenen und noch anzuführenden Phänomene.

§. 1302. I) **Gleichartige Electricitäten stoßen sich ab.** Ein Körper + E stößt einen andern leichten und beweglichen + E ab, und beyde zeigen, gegen einander genähert, keine Funken, wenn sie verhältnißmäßig gleich viel + E haben, sondern behalten ihre Electricität. Ein Körper — E stößt einen andern, dessen Electricität auch — E, und mit jener verhältnißmäßig gleich groß ist, von sich, unter eben den Erscheinungen.

§. 1303. Die Kraft, mit welcher sich gleichnamig- oder gleichartig-electrisirte Körper abstoßen, verhält sich umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernung. Hr. **Coulomb** hat dies durch directe Erfahrungen bewiesen.

Coulomb a. a. O., im neuen Journal der Phys. B. III. S. 51. ff.

§. 1304. Aus diesem Abstoßen gleichnamiger Electricitäten hat man auch Anlaß zu den **Electrometern** genommen. Die meisten dienen höchstens nur, um daraus ungefähr zu beurtheilen, ob eine Electricität stärker oder schwächer sey, als eine andere; nicht aber, wie groß sie eigentlich sey.

1) Cantons Korkkugelelectrometer.
Philos. transact. Vol. XLVIII. P. I. n. 53.

2) Henly's Quadrantenelectrometer.
Philos. transact. Vol. LXII. S. 359.

3) Cavallo's Electrometer.
Dessen vollständige Abhandlung von der Electricität, S. 124.

4) Ebendesselben Taschenelectrometer.
a. a. O. S. 294.

5) Eine Abänderung desselben, von Adams beschrieben.
Versuch über die Electricität, worin Theorie und Ausübung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert werden; von Geo. Adams, aus dem Engl. Leipz. 1788. 8. S. 164.

6) Achards Electrometer.
Abhandlung von der Kraft der Electricität von Fr. Carl Achard; im I. B. der Beschäft. der Berlin. Gesellsch naturf. Freunde. S. 53.

7) Saussure's Electrometer, besonders für die atmosphärische Electricität.
Desselben Reisen durch die Alpen, Theil III. Leipzig 1787. §. 791.

8) de Lucs Fundamentalelectrometer.
Desselben neue Ideen über die Meteorologie, B. I. §. 397.

9) Bennets sehr empfindliches Electrometer aus Blattgoldstreifen.
Grens Journ. der Physik, B. I. S. 380.

10) Volta's Strohhalmelectrometer, das er auch vergleichbar gemacht hat, so daß es dem Zwecke eines Electrometers entspricht.

Alex. Volta meteorologische Briefe, aus dem Italiän. B. I. Leipz. 1793. 8.

11) Coulombs electrische Waage, die auf eine sehr sinnreiche Art die Stärke der untersuchten Electricität vergleichbar darstellt, und ein wahres Electrometer ist.

Coulomb a. a. O. S. 51.

§. 1305. II) **Ungleichartige Electricitäten ziehen sich an.** Ein Körper, der + E hat, zieht einen andern, leicht beweglichen, — E an, und umgekehrt, und beyde zeigen nach dem Zusammentreffen keine Electricität mehr, wenn sie gleich viel + E oder — E hatten.

§. 1306. Dies giebt uns auch ein Mittel an die Hand, um die entgegengesetzten Electricitäten selbst zu finden. Hängt man nämlich Korkkügelchen an einem Zwirnsfaden über eine mit einem wollenen Tuche geriebene Siegellackstange, und ertheilt ihnen dadurch — E, so werden sie von einem + E haltenden Körper angezogen, von einem mit — E versehenen zurückgestoßen werden.

§. 1307. Ein mit + E oder — E versehener Körper zieht nicht nur denjenigen an, der die der seinigen entgegengesetzte Electricität hat (§. 1305.), sondern auch einen jeden andern nicht electrisirten, oder dessen Electricität o ist. — Diese Wirkung der electrisirten Körper auf andere o E oder die entgegengesetzte Electricität enthaltende geschieht nach der Stärke ihrer Electricität in einer größern oder geringern Entfernung, und der Raum, durch welchen sich diese Wirkung erstreckt, nennt man eben den **Wirkungskreis**, oder die electrische Atmosphäre des electrisirten Körpers (§. 1254.).

§. 1308.

§. 1308. Wenn man diesemnach einen unisolirten Leiter, z. B. eine Metallstange, dem electrisirten Conductor der Maschine nahe bringt, so erhält jener an dem dem Conductor zugekehrten Ende die entgegengesetzte Electricität des Conductors: + E, wenn dieser — E hatte, und — E, wenn dieser + E besaß; bey der größern Annäherung erhält der Leiter einen Funken, und die Electricität hört ganz auf. Wenn aber der Leiter isolirt ist, so erhält das von dem electrisirenden Körper abgewendete Ende die gleichnamige Electricität von jenem, und also die entgegengesetzte an dem dem Conductor zugekehrten Ende. Bey der Annäherung nehmen beyde Electricitäten zu, bis der Leiter endlich einen Funken erhält, worauf seine Electricität die gleichnamige des electrisirenden Körpers wird.

§. 1309. Wenn man aber diesen isolirten Leiter wieder von der Maschine isolirt entfernt, ehe er so nahe kommt, daß er einen Funken erhält, so hört die Electricität, die sich an seinen entgegengesetzten Enden als entgegengesetzt zeigte, sogleich auf, und es ist alles wieder im natürlichen Zustande. Berührt man ihn aber, während daß er in dem Wirkungskreise des electrisirenden Körpers ist, an dem von diesem abgewandten Ende mit dem Finger, oder sonst mit einem leitenden Körper, so entsteht ein Funken, und seine Electricität hört auf. Entferne ich ihn jetzt zugleich isolirt von dem electrisirenden Körper, so hat er die entgegengesetzte Electricität des electrisirenden Körpers, oder die gleichnamige des diesem zugekehrten Endes.

§. 1310. In diesem Falle entsteht also Electricität, ohne daß sie der electrisirende Körper verlöre, also nicht durch Mittheilung (§. 1242.), sondern durch **Vertheilung** der Electricität. Sie gründet sich eigentlich auf die vorher angeführten Gesetze der Electricität: daß ungleichartige Electricitäten sich anziehen, gleichartige sich abstoßen (§§. 1302. 1305.), und macht das dritte Gesetz: III) **Jeder electrisirte Körper erregt in denjenigen Körpern, die in seinen Wirkungskreis kommen, in diesem Wirkungskreise eine der seinigen entgegengesetzte Electricität.**

§. 1311. Wenn der in den Wirkungskreis eines electrisirten Körpers gebrachte ein Nichtleiter ist, so erhält er zwar auch an dem Ende, welches dem electrisirten Körper zugekehrt ist, die entgegengesetzte Electricität; allein eben wegen seiner nicht-leitenden Eigenschaft ist die erregte Electricität nicht stark, und erstreckt sich nicht weit, und man findet an ihm vielmehr schwache abwechselnde Zonen von entgegengesetzten Electricitäten.

§. 1312. Dünne Nichtleiter halten diese Wirkungen der Vertheilung der Electricität oder der electrischen Atmosphäre nicht auf, wohl aber die der Mittheilung.

Theo-

Theorie der entgegengesetzten Electricitäten.

Franklins System. Dualistisches System.

§. 1313. Der Erste, welcher eine Theorie der bekannten electrischen Erscheinungen entwarf, die den bisher vorgetragenen Gesetzen entsprach, und aus der sie ohne Ausnahme auf eine genugthuende Weise abgeleitet werden konnten, war **Franklin**. Die Grundsätze dieses **Franklinischen Systems**, die wir nachher auf die vorzüglichsten Phänomene der Electricität anwenden wollen, sind folgende: 1) Es ist durch alle Körper eine subtile Materie verbreitet, von welcher die electrischen Erscheinungen abhängen. 2) Diese electrische Materie ist ein expansibeles Fluidum, oder eine solche, deren Theile gegen einander Repulsionskraft ausüben. 3) Das electrische Fluidum wird von den Theilen anderer Körper angezogen, und kann dadurch in den Zustand gebracht werden, daß es aufhört, expansibel zu seyn. 4) Jeder Körper kann aber durch seine Anziehungskraft zur electrischen Materie nur eine gewisse Menge davon enthalten, wenn ihre Expansivkraft derselben darin im Zustande des Gleichgewichts seyn, und wenn er keine electrischen Erscheinungen äußern oder seine Electricität 0 seyn soll. Diesen Zustand kann man die **Sättigung** des Körpers mit electrischer Materie nennen; man nennt ihn auch den **natürlichen Zustand der Electricität eines Körpers.**

5)

5) Wenn ein Körper eine größere Quantität des electrischen Fluidums erhält, als sein natürlicher Zustand (4) erfordert, so wird er positiv electrisirt, oder erlangt Plus-Electricität. 6) Wenn ihm hingegen von der Quantität der electrischen Flüssigkeit, die seinem natürlichen Zustande angemessen ist, entzogen wird, so wird er negativ-electrisirt, oder erlangt **Minus-Electricität**. 7) Alle nicht-isolirte leitende Körper sind im natürlichen Zustande der Electricität. 8) Der positive oder negative Zustand der Electricität kann nur isolirten Körpern zukommen. 9) Das electrische Fluidum kann aus einem Körper in den andern nur dann übergehen, wenn das electrische Gleichgewicht gehoben ist und kein Widerstand eines Nichtleiters den Uebergang hindert. 10) Ein Körper, aus welchem das electrische Fluidum an einen andern übergehen soll, muß in Beziehung auf diesen Plus-Electricität haben. 11) Aller positiv- oder negativ-electrische Zustand der Körper entsteht entweder durch **Uebergang**, oder **Vertheilung** (§. 1310.) des electrischen Fluidums. 12) Die electrische **Atmosphäre der Körper** oder ihr **Wirkungskreis** ist luft durch Vertheilung electrisirt.

New experiments and observations on electricity, by *Benj. Franklin*. Lond. 1751. 4. verm. 1769. 4. Des Hrn Benj. Franklins Briefe von der Electricität, aus dem Engl. mit Anm. von J. C. Wilke. Leipz. 1758.

§. 1314. Dieser Franklinischen Theorie steht eine andere entgegen, deren erster Urheber **Rob. Symmer** ist. Nach derselben giebt es **zwey verschiedene electrische**

trische Materien, wovon, wenn sie einzeln thätig sind, die eine den Franklinischen positiven Zustand, die andere aber den negativen zuwege bringt. Der leztere rührt also auch von einem positiven Wesen her. Jede dieser respectiven electrischen Materien, (+ E und — E,) ist eine expansibele Flüssigkeit, deren respective Theile Repulsionskraft gegen einander ausüben. Sie selbst, die ungleichartigen electrischen Materien, ziehen sich unter einander an, und durch ihre Vereinigung in einem Körper heben sie sich in ihren Wirkungen gegen einander auf, so daß alle sensibele Electricität vernichtet ist. Man sieht also, daß nach dieser Theorie, die man auch das dualistische System nennt, jede der entgegengesetzten electrischen Materien nur einzeln für sich ein expansibeles Fluidum ist, daß sie es aber in ihrer Verbindung nicht mehr sind. Ein jeder Körper hat im natürlichen Zustande, wo er kein Zeichen der Electricität von sich giebt, beyde electrische Materien, + E und — E, in sich vereinigt, und zwar in dem Maaße, daß sie sich gegen einander aufheben, und also 0 E machen. Wenn das Gleichgewicht beyder electrischen Materien durch irgend einen Prozeß aufgehoben wird, so wird der Körper electrisirt. Er wird positiv electrisirt, wenn ihm freyes + E mitgetheilt oder wenn ihm von seinem natürlichen — E entzogen wird. Er erhält die negative Electricität, wenn ihm freyes — E mitgetheilt, oder wenn ihm von seinem natürlichen + E entzogen wird. Das freye + E oder — E eines electrisirten Körpers kann aber auch das gebundene gleichnamige eines Kör-

pers

pers abstoßen, und das ungleichnamige anziehen, so daß Electricität durch Vertheilung entsteht.

Symmers oben (§. 1300.) angeführte Abhandlung.

§. 1315. Dieses dualistische System hat zwar viel Anhänger und Liebhaber gefunden, aber es erklärt nicht mehr und nicht leichter, als das Franklinische, das so wenig ein bekanntes Phänomen unerklärt läßt, als das Symmersche. In Beziehung auf die oben (§. 19.) gegebene Regel kann man nicht umhin, der Franklinischen Theorie den Vorzug zuzugestehen. Man braucht nach **Franklin** nur Eine Materie, um den dreyfachen Zustand der Körper in Ansehung der Electricität zu erklären; nach dem dualistischen Systeme braucht man dazu, nicht zwey, sondern **drey** Materien: nämlich ein + E, ein — E und ein o E: denn dieses o E ist ja eine, aus den beyden andern Materien durch Zusammensetzung entsprungene, neue Materie. Was mich aber noch vorzüglich bestimmt, mich für die Franklinische Theorie zu erklären, ist der Umstand, daß die vermeinten entgegengesetzten electrischen Materien einzeln betrachtet, sich den Sinnen in ihren Wirkungen gar nicht verschieden zeigen; (denn die oben (§§. 1290. f.) angeführten Erscheinungen können doch wohl nicht als sinnliche Verschiedenheiten zweyer Materien, sondern nur als Verschiedenheiten der Richtung des Stromes Einer Materie gelten,) und daß keine Analogie in der ganzen Naturlehre weder eine solche Uebereinstimmung für alle sinnliche Wahrnehmung bey zwey specifisch verschiedenen Materien darthut, noch einen Fall hat, wo durch die Ver-

Verbindung zweyer die Sinne afficirenden Materien eine dritte Materie, (das oE der Dualisten,) entspringt, welche schlechterdings nicht mehr sinnlich wahrzunehmen ist. Vergeblich beruft man sich, um analoge Fälle zu erhalten, auf Phlogiston und Wärmestoff, oder auf Wasserstoff und Sauerstoff, u. dergl. Diese Beyspiele widerlegen geradezu das, was man dadurch beweisen will. Ich will indessen hier die Anwendung beyder Systeme zur Erklärung der vorzüglichsten, bis jetzt angeführten, electrischen Erscheinungen geben.

§. 1316. Durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine entsteht positive Electricität auf dem Glase und negative Electricität im isolirten Reibzeuge. (Die Untersuchung über das *Wie* gehört noch nicht hierher.) Nach dem Franklinischen Systeme wird also dem Reibzeuge durch das Glas beym Reiben electrische Materie entzogen und auf der Fläche des Glases, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft desselben, angehäuft. Wenn das Reibzeug nun isolirt ist, so kann es seinen Mangel der electrischen Materie nicht ersetzen; es ist also negativ electrisirt. In andern Fällen, wo der reibende electrische Körper negativ electrisirt wird (§. 1300.), ist es dieser, der von seiner electrischen Materie hergiebt, und das Reibzeug empfängt; das also in diesem Falle, wenn es isolirt ist, positive Electricität zeigt, während jener die negative hat. — Nach dem dualistischen Systeme wird durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine das + E des letztern

tern frey; das Glas führt wegen seiner nicht-leitenden Eigenschaft dieses + E nicht gleich durch seine Substanzen weiter, und zeigt nun die Electricität das + E; das — E des Reibzeuges bindet dieses + E nicht mehr ganz, und wenn es isolirt ist, so kann dieses + E in ihm nicht ersetzt werden, und sein — E ist also ebenfalls frey. Daher zeigt das Reibzeug nun negative Electricität, während das Glas positive hat. Und so ist es auch in den andern Fällen, wenn der reibende electrische Körper — E aus dem Reibzeuge los macht, dann hat dieses + E.

Der Wachstaffent, der den Glascylinder zum Theile umgiebt, hat seinen Nutzen hauptsächlich darin, daß er durch die entgegengesetzte Electricität die Intensität des + E des Glascylinders schwächt; dadurch wächst die Capacität des letztern, und er kann solcher Gestalt mehr + E aus dem Reibzeuge aufnehmen. Beyde entgegengesetzte Electricitäten des Wachstaffents und des Glases binden sich nur wechselseitig, ohne sich zu sättigen, welches bey glatten, nicht-leitenden Flächen nicht Statt finden kann. So wie nun der Reiber den Wachstaffent verläßt, so wird sein + E jetzt wieder frey und wird vom Zuleiter eingesogen. — Man sieht hieraus auch leicht den Grund ein, warum der Wachstaffent keine Falten und Unebenheiten haben müsse, wenn seine Wirkung stark seyn soll.

§. 1317. Wenn aber das Reibzeug unserer Electrisirmaschine durch leitende Materie mit der Erde verbunden ist, so ersetzt es nach Franklin aus dieser unerschöpflichen Quelle seine abgeführte electrische Materie stetig wieder; es bleibt also immer im natürlichen Zustande, und kann demnach immer wieder electrische Materie an das Glas abgeben, wenn diese abgeleitet wird. Nach dem dualistischen Systeme zieht es aus den leitenden Substanzen immer wieder so viel + E an, daß sein — E nicht sensibel oder

frey

frey bleibt, und es kann daher immer neues + E an das reibende Glas abgeben, wenn dieses weiter abgeführt wird.

§. 1318. Jeder electrisirte Körper hat eine größere oder geringere electrische Atmosphäre, in welcher sich das electrische Anziehen und Abstoßen äußert. Der negativ-electrisirte Körper hat sie so gut, als der positiv-electrisirte. Dieser electrische Wirkungskreis entsteht nach dem Franklinischen Systeme lediglich durch Vertheilung der natürlichen electrischen Materie der Luft. Wird nämlich ein Körper **positiv electrisirt**, so wird die abstoßende Kraft der auf ihm angehäuften electrischen Materie auch auf die natürliche electrische Materie der Luft thätig, und bringt diese aus ihrem Zustande des Gleichgewichts, so daß sie nun selbst Repulsionskraft in ihren Theilen und Anziehungskraft gegen andere Materien um den electrisirten Körper herum äußert, und zwar mit einer abnehmenden Intensität, die dem oben (§. 1303.) angeführten Gesetze gemäß ist. Die Luft empfängt hierbey als ein Nichtleiter kein electrisches Fluidum durch Mittheilung von dem electrisirten Körper, als in so fern sie leitende Substanz enthält. Wird hingegen der Körper **negativ electrisirt**, so wird auch der natürliche Zustand der Electricität der Luft gehoben, ihre natürliche electrische Materie strebt in den Körper einzudringen, oder wird von dem Körper gezogen, ohne sich doch, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft der Luft, von derselben ihm mitzutheilen zu können. Wegen dieser gegen den negativ-electrisirten Körper strebenden electri-

schen

schen Materie der Luft sucht diese sie aus andern Materien anzuziehen, ebenfalls mit einer Intensität, die sich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung von dem electrisirten Körper. — Nach dem dualistischen Systeme ist die Erklärung folgende. In dem positiv-electrisirten Körper ist + E thätig; es äußert seine abstoßende Kraft auf das natürliche + E der Luft, und seine anziehende auf das natürliche — E derselben. Es beschäftigt das letztere, ohne sich doch damit zu sättigen, welches die nicht-leitende Eigenschaft der Luft hindert. Das natürliche, nun sensibel gewordene, + E der Luft äußert nun seine Thätigkeit, d. i., Repulsionskraft in seinen Theilen, und anziehende Kraft gegen das — E anderer Körper. Wenn der Körper negativ electrisirt ist, so ist alles umgekehrt.

§. 1319. Wenn ein isolirter leitender Körper dem positiv-electrisirten Körper genähert wird, so daß er in seinen Wirkungskreis kommt, so äußert nach Franklins Systeme die thätig gewordene electrische Materie der Luft in diesem Wirkungskreise (§. 1318.) ihre abstoßende Kraft auf das natürliche electrische Fluidum dieses Leiters, und sucht sich gleichförmig zu verbreiten, ohne doch, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft der Luft, in den Leiter übergehen zu können. Die natürliche electrische Materie des Leiters wird also auch aus dem Gleichgewichte gebracht, oder thätig; sie häuft sich also in dem entferntern Ende des Leiters mehr an, während sie in dem genäherten Ende unter ihre natürliche Menge vermindert ist.

Ist

Ist hingegen der Körper negativ electrisirt, so strebt die natürliche electrische Materie des isolirten Leiters die der Luft, welche gegen den electrisirten Körper hinstrebt (§. 1318.), zu ersetzen; seine natürliche electrische Materie wird also ebenfalls aus dem Gleichgewichte gebracht und thätig, und das entferntere Ende des Leiters wird negativ, das genäherte positiv electrisirt. In beyden Fällen entsteht also Electricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung; und es erklärt sich hieraus ungezwungen das oben (§. 1310.) angeführte dritte Gesetz der entgegengesetzten Electricitäten. Nach dem dualistischen Systeme strebt in dem einen oder andern Falle das thätig gewordene natürliche + E oder — E der Luft in dem Wirkungskreise des electrisirten Körpers das natürliche — E oder + E des isolirten Leiters anzuziehen, und das natürliche + E oder — E desselben abzustoßen. Es entsteht also in diesem Leiter Electricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung, und es erklärt sich darnach der Erfolg des angeführten dritten Gesetzes der Electricitäten.

§. 1320. Wenn man den isolirten Leiter, ohne ihn mit einem andern Leiter berührt zu haben, wieder aus dem Wirkungskreise des electrisirten Körpers entfernt, so hört seine Electricität wieder auf. Seine auf ihm ungleichförmig vertheilt gewesene natürliche electrische Materie verbreitet sich wieder gleichförmig, und da er nichts davon verlohren, nichts dazu empfangen hat, so ist er wieder im natürlichen Zustande der Electricität. — Oder bey dem Wiederentfernen des Leiters binden und sättigen sich sein natürliches + E und

und — E wieder von neuem, und es wird daraus wieder o E.

§. 1321. Wenn der in den Wirkungskreis des electrisirten Körpers gebrachte Leiter nicht isolirt ist, so entsteht zwar auch in dem genäherten Ende aus den vorhin angeführten Gründen die entgegengesetzte Electricität, aber in dem entferntern Ende setzt sich alles, wegen der Nichtisolirung, ins natürliche Gleichgewicht.

§. 1322. Je näher der leitende, isolirte oder nicht-isolirte, Körper dem electrisirten kommt, desto mehr werden, aus leicht einzusehenden Gründen, die entgegengesetzten Electricitäten auf einander wirken können, so daß endlich die auf dem positiv-electrisirten Körper angehäufte electrische Materie die Luftschicht durchbricht, und sich auf beyde Körper nach den Regeln des Gleichgewichts vertheilt. Es entsteht in diesem Falle ein Funken, und wenn der leitende Körper isolirt ist, Electricität durch Mittheilung, durch Abgabe oder Annahme von electrischer Materie.

§. 1323. Wenn man in den vorher (§. 1319.) angeführten Fällen das entferntere Ende des Leiters mit dem Finger oder einem andern leitenden Körper berührt, während das andere Ende in dem Wirkungskreise des electrisirten Körpers ist, so entsteht ein Funken, und die Electricität an diesem Ende hört auf. Ist nämlich das berührte Ende positiv electrisirt, so tritt das electrische Fluidum von demselben an den Finger über und setzt sich ins Gleichgewicht. Ist es hinge-

hingegen negativ, so ergießt sich aus dem berührenden Finger oder Leiter electrische Materie in dasselbe, und das Gleichgewicht wird ebenfalls hergestellt. Das dem electrisirten Körper genäherte Ende des Leiters behält dessen ungeachtet die entgegengesetzte Electricität, weil die Ursachen dazu fortdauern. Entfernt man nun den berührten Leiter aus dem Wirkungskreise des electrisirten Körpers, und zwar so, daß er isolirt bleibt, so hat er jetzt durchaus die ungleichnamige Electricität des electrisirten Körpers, indem sich im erstern Falle die an dem entferntern Ende nur in der natürlichen Dosis desselben zurückgebliebene electrische Flüssigkeit auch wieder in das vorher negativ gewesene Ende verbreiten muß, folglich nun im ganzen Leiter die electrische Materie unter den Sättigungspunct vermindert ist, also Minus-Electricität macht; im andern Falle hingegen die an dem genäherten Ende über den natürlichen Zustand desselben angehäufte electrische Materie sich jetzt über das andere Ende verbreitet, das seine natürliche Quantität schon hat, und folglich der Körper im Ganzen Plus-Electricität erlangen muß. — Nach dem dualistischen Systeme zieht im erstern Falle das frey gewordene + E an dem entferntern Ende des Leiters aus dem berührenden Finger — E an, sättigt sich damit, es entsteht ein Funken, und es hört alle sensibele Electricität an diesem Ende auf. Entfernt man nun den berührten Leiter isolirt aus dem Wirkungskreise des positiv-electrisirten Körpers, so hat er, (wegen des — E in dem genäherten Ende,) jetzt — E + E — E, ist also negativ electrisirt. So ist es nun

auch

auch im andern Falle, wo der electrisirende Körper freyes — E hatte; dann sättigt sich das frey gewordene — E des entferntern Endes des Leiters mit + E aus dem ihn berührenden Finger, und nach der Entfernung aus dem Wirkungskreise hat der isolirte Leiter nun + E — E + E, oder ist positiv electrisirt.

§. 1324. Jetzt läßt sich nun auch leicht nach beyden Systemen einsehen: warum die positive Electricität des Glascylinders nicht so stark ist, wenn der Conductor der Maschine ihm genähert ist, als wenn dieser entfernt ist; warum der Conductor der Maschine die stärkste Electricität erhält, wenn das Reibzeug nicht isolirt ist; warum die negative Electricität des isolirten Reibzeuges am größesten ist, wenn der Conductor der Maschine nicht isolirt ist; und warum bey übrigens gleichen Umständen die Funken stärker sind, zwischen einem positiv-electrisirten Conductor und einem negativ-electrisirten, als zwischen einem electrisirten Conductor überhaupt, und einem nicht-electrisirten Leiter.

§. 1325. Wenn man erwägt, daß jeder electrisirte Körper einen electrischen Wirkungskreis hat, (§. 1318.); wenn man sich ferner eine richtige Vorstellung von der Entstehung dieser electrischen Wirkungskreise und der Art und Weise ihrer Wirksamkeit (§. 1319.) macht, und hiermit den Erfolg des dritten Gesetzes der Electricität verbindet: so wird man die Erscheinungen des Anziehens leicht-beweglicher leitender, isolirter oder nicht-isolirter, Körper, und das Abstoßen der erstern nach der Mittheilung der Electricität,

citát, diese mag positiv oder negativ seyn, dem Franklinischen Systeme gemäß so leicht erklären können, als nach der dualistischen Theorie.

§. 1326. Eben so leicht folgt daraus die Erklärung des ersten und zweyten Gesetzes der entgegengesetzten Electricitäten (§§. 1302. 1305.). Es seyen z. B. zwey Korkkügelchen positiv electrisirt, so fliehen sie von einander, weil sie ihren Ueberfluß der electrischen Materie an die umgebende Luft abzusetzen streben. Ein einzelnes so electrisirtes Korkkügelchen würde dies nach allen Seiten hin gleichförmig thun; es muß also in Ruhe bleiben. Bey zweyen oder mehrern sich berührenden hingegen muß jene Tendenz nach der äußern Seite hin stärker seyn, als nach der andern, und sie scheinen also einander abzustoßen. Die Erklärung ist nicht schwieriger, wenn die Korkkügelchen auch negativ electrisirt sind. Sie streben dann ihren Mangel der Electricität aus der umgebenden Luft zu ersetzen, und scheinen sich also abzustoßen, da doch eigentlich auch hier die electrische Atmosphäre auf ihrer äußern Seite ihre Entfernung bewirkt. Man braucht also seine Zuflucht gar nicht zu der Luft zwischen ihnen zu nehmen, was in dem Falle, da sie sich erst berührten, nicht einmal anginge. Bey zwey ungleichnamig electrisirten, isolirten, leicht beweglichen, leitenden Körperchen, die einander genähert werden, muß, wie man nun leicht einsieht, das Streben nach der innern Seite zu stärker, als nach der äußern Seite der Wirkungskreise seyn, und sie müssen sich also einan-

der nähern, oder den Erfolg des zweyten Gesetzes zeigen.

§. 1327. Das wechselseitige Schwingen eines leicht beweglichen isolirten leiters zwischen einem electrisirten und nicht=electrisirten Körper, oder zwischen zwey ungleichnamig electrisirten leitern, wie der Tanz papierner Puppen, das electrische Glockenspiel, bedürfen nun keiner weitern Auseinandersetzung, sondern fließen aus dem Angeführten von selbst.

Die verstärkte Electricität.

§. 1328. Wenn man in ein Zuckerglas, das auswendig und inwendig, bis einige Zoll unter seinem Rande, mit Stanniol überzogen ist, und das auf einem leitenden Tische steht, von dem Conductor der Maschine einen Metalldraht bis auf den Boden des Glases herabhängt, und dann electrisirt, hierauf aber den äußern Ueberzug des Glases mit der einen Hand, den Draht, oder den Conductor der Maschine, mit welchem der innere Ueberzug noch in leitender Verbindung ist, mit der andern Hand anfaßt, so entsteht nicht allein ein sehr lebhafter, mit einem Geprassel hervorbrechender Funken, sondert man empfindet auch eine Erschütterung in den Gelenken beyder Arme. Einen ganz ähnlichen Erfolg hat es, wenn man das Glas nach dem Electrisiren von der Maschine abnimmt, und dann beyde Ueberzüge zugleich berührt.

§. 1329. Dieser merkwürdige Versuch heißt der **Kleistische** Versuch, weil ihn Hr. **von Kleist** zuerst

(1745.)

(1745.) anstellte; **Cunäus**, **Allemand** und **Muschenbroek** machten ihn ebenfalls (1746.), und daher heißt er auch der **Leidensche**, oder der **Muschenbroeksche Versuch**. Sonst wird er wegen seiner Wirkung auch der **Erschütterungsversuch** genannt. Die dazu vorgerichtete Flasche heißt die **Leidner**, oder die **Kleistische**, oder die **Erschütterungsflasche**; und die Electricität, welche sie hat, die **verstärkte Electricität.**

§. 1330. Anfangs nahm man dazu eine gläserne Flasche, die man etwa bis zur Hälfte mit Wasser füllte, und mit einem Korke verstopfte, durch welchen ein Metalldraht bis ins Wasser der Flasche ging. Man electrisirte diesen Draht durch Mittheilung, während daß man die Flasche in der Hand hielt, oder in anderes Wasser etwa zur Hälfte einsetzte, in welches die Person, welche den Versuch anstellen wollte, einen Draht steckte. Man fand nachher, daß jede andere gut leitende Substanz die Stelle des Wassers in der Flasche vertreten könne, als: Quecksilber, Eisenfeil, u. dergl., und endlich sah man ein, daß dazu ein leitender Ueberzug der äußern und innern Fläche des Glases bis einige Zoll unter dem Rande desselbigen hinreichend sey, und alles leiste, und daß es auf die Figur des Glases nicht ankomme, sondern daß auch eine **Glastafel** selbst dazu vorgerichtet werden könne.

Die electrisirte Weinflasche.
Das electrisirte Trinkwasser.

§. 1331. Dieser Ueberzug des Glases heißt die **Belegung** (Armatura), und das damit versehene

Glas die belegte Flasche oder die belegte Glastafel. Man wählt zu diesen Belegungen dünne Metallblätter, die aber nicht durchlöchert seyn müssen; gewöhnlich Stanniol, den man mit Hausenblase oder Gummiwasser aufklebt. Man muß hervorragende Ränder so viel als möglich verhüten, und alles recht ebenen und glatt machen. Der Rand der Flasche oder der Glastafel muß allemal auf beyden Seiten, bey größern wenigstens mehrere Zolle, frey und unbelegt bleiben.

Eine vortheilhafte Methode, die Flaschen zu belegen, lehrt Hr. Bohnenberger; (Beyträge zur theor. u. pract. Electricitätsl. St. IV. S. 151. ff.

§. 1332. Statt des Glases kann jeder andere nicht-leitende Körper dienen, wenn er nur nicht zu dick ist, seine beyden gegen einander über liegenden Flächen mit leitender Materie belegt, und die Ränder dieser Belegung einander nicht zu nahe sind.

Wenn ein Leiter sich in dem Wirkungskreise eines andern Leiters befindet, so ist dies allerdings als eine Belegung der Luftschicht dazwischen anzusehen.

§. 1333. Die eine Belegung der Flasche oder der Glastafel wird am besten durch Mittheilung electrisirt; die andere Belegung muß aber nicht isolirt, sondern mit andern leitenden Materien in Verbindung seyn, wenigstens muß sie im erstern Falle zu wiederholten Malen mit einer Substanz berührt werden, wenn die von ihr aufzunehmende Electricität stark werden soll; ist diese andere Belegung ganz isolirt, so wird die Flasche oder die Glastafel gar nicht geladen werden. Am schnellsten geschieht die Electri-

sirung

strung der Kleistischen Flasche dadurch, daß man die eine Belegung mit dem isolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maschine in leitende Verbindung setzt.

§. 1334. Die Kleistische Flasche oder die Glastafel heißt in dem Zustande, daß sie den Erschütterungsfunken giebt, **geladen** (Vitrum oneratum), und ihre **Entladung** (exoneratur) geschieht, wenn man die innere und äußere Belegung durch leitende Materie in Verbindung setzt. Wenn sich mehrere Personen zusammen anfassen, und die erste die äußere Belegung, oder eine daran befestigte Kette hält, die letzte aber die innere Belegung oder den damit verbundenen Leiter berührt, so bekommen sie alle die Erschütterung. Bey einer schwachen Ladung der Flasche, und wenn der Personen, die sich anfassen, sehr viele sind, (oder der **Erschütterungskreis** sehr groß ist,) und zumal auf feuchtem Boden stehen, empfinden aber auch oft nur wenige, die an den beyden Enden stehen, die Erschütterung.

Das Franklinische Zaubergemälde, der Hochverrath, und die Verschwörung.
Die electrische Thüre.

§. 1335. Die Geschwindigkeit der Electricität bey dem Entladen der Flasche ist erstaunend groß. — Wenn die leitende Substanz, durch welche der Erschütterungsfunken gehen soll, nicht ganz zusammenhängend ist, sondern aus mehrern an einander stehenden, sich nicht berührenden, leitenden, Körpern besteht, so entstehen zwischen dieser Unterbrechung Funken.

§. 1336.

§. 1336. Wird die Flasche überladen, so entladet sie sich auch von selbst über den unbelegten Rand, und manchmal wird dadurch auch das Glas zerschmettert.

§. 1337. Die Stärke der Ladung hängt bey übrigens gleichen Umständen von der Größe der Belegung ab. Die Dicke des Belegs trägt zur Stärke der Ladung nichts bey. Sonst ändern aber auch zufällige Umstände die Stärke der Ladung sehr ab; wie z. B. die mehr oder weniger isolirende Eigenschaft des Glases, die von seiner größern oder geringern Dicke, von seiner Reinigkeit, und auch von seiner Temperatur abhängt; mehrere oder mindere Trockenheit der Luft, die Continuität der Belegungen, und ihre verschiedene glatte Oberfläche.

§. 1338. Es giebt zwar allerdings für eine Electrisirmaschine von bestimmter Wirksamkeit ein gewisses Maximum der Dicke des Glases, wenn es nach der Belegung der electrischen Ladung fähig seyn soll; es ist aber auch gewiß, daß zu dünnes Glas nicht diejenige Stärke der Ladung, ohne zerschmettert zu werden, aushält, die ein dickeres Glas bey übrigens gleichen Umständen aushalten kann. Hr. **Bohnenberger** hat sehr schätzbare Erfahrungen über die vortheilhafteste Dicke der Gläser und Höhe des unbelegten Randes derselben mitgetheilt.

J. C. Bohnenberger über die Ladung des dicken Glases: in seinen Beyträgen zur theoretischen u. practischen Electricitätslehre. Erstes St. Stuttg. 1793. S. 1. ff. Zweytes St. 1793. S. 11. ff.

§. 1339. Bey gleicher Leitungskraft nimmt übrigens der Erschütterungsfunken in der Entladung allemal den kürzesten Weg.

Der Auslader.
Cavallo a. a. O. S. 129.
Henly's allgemeiner Auslader.
Cavallo a. a. O. S. 127.

§. 1340. Der leitende Körper, durch welchen der Erschütterungsfunken oder der Schlag geht, wird nicht electrisirt, wenn er auch isolirt ist.

§. 1341. Nach der ersten Entladung zeigt die Flasche noch einen geringen Erschütterungsfunken, wenn man beyde Belegungen zusammen berührt.

§. 1342. Wenn die geladene Flasche oder belegte Tafel vollkommen isolirt ist, so zeigt keine Belegung einzeln einen Funken, wenn man sie berührt. Bey einer trockenen Luft verliert sie auch in langer Zeit ihre Electricität nicht. Sie behält sogar ihre Ladung, wenn man die dazu eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch isolirte Körper trennt; und zeigt sie wieder, wenn man diese oder andere wieder anbringt, und gehörig durch leitende Mittel in Vereinigung setzt. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann man zu wiederholten Malen aus der innern Belegung der geladenen Flasche Funken ziehen.

§. 1343. Wenn man einen gekrümmten und an beyden Enden zugespitzten Draht der innern und äußern Belegung zugleich entgegen hält, so wird die Kleistische geladene Flasche, oder die belegte Glastafel,

fel, ohne den Erschütterungsfunken entladen, und vielmehr mit einem zischenden Ueberströmen. Hat man die Flasche durch den Conductor der Glasmaschine geladen, so zeigt sich an der Spitze des Drahtes, die der innern Belegung zugekehrt ist, ein leuchtender Stern, wie bey der positiven Electricität (§. 1278.), an der der äußern Belegung zugekehrten Spitze aber ein Feuerbüschel, wie bey der negativen Electricität.

§. 1344. Man findet ferner allemal, daß die äußere Belegung der geladenen Kleistischen Flasche die entgegengesetzte Electricität der innern Belegung oder daß sie die negative hat, wenn die innere die positive besitzt, und umgekehrt. Zwischen einem mit der äußern Belegung in leitende Verbindung gebrachten leitenden Körper und einem mit der innern Belegung verbundenen Leiter spielt ein leicht beweglicher isolirter leitender Körper hin und her, und entladet dadurch die Flasche allmälig.

Auf diese Art läutet ein electrisches Glockenspiel eine beträchtliche Zeit lang.

§. 1345. Wenn man eine Kleistische Flasche isolirt, und ihre äußere Belegung mit der innern Belegung einer andern, die nicht isolirt ist, in leitende Verbindung setzt, und dann ihre innere Belegung electrisirt, so werden beyde Flaschen geladen, und zwar mit ähnlichen Electricitäten. Auf diese Art kann man auch mehrere Flaschen durch einander laden. Allein man findet, daß jede folgende eine immer schwächere Ladung hat, als die vorhergehende.

§. 1346.

§. 1346. Man kann endlich auch mehrere Flaschen, deren innere Belegungen unter einander in leitender Verbindung sind, so wie ihre äußern, durch den Conductor der Maschine laden, da dann natürlicher Weise bey der Entladung aller dieser Flaschen auf einmal auch der Funken, das Geräusch und der Knall, mit welchem er hervorbricht, und die Kraft, die er äußert, um so beträchtlich größer werden, als die Größe der Belegung bey übrigens gleichen Umständen zunimmt. Die auf diese Art verbundenen Flaschen machen die so genannte electrische **Batterie** aus.

Eine vortheilhafte Einrichtung, die Flaschen einer electrischen Batterie so mit einander zu verbinden, daß nicht nur ihre Behandlung sehr bequem, sondern auch dem Ausströmen der electrischen Materie möglichst begegnet ist, beschreibt Herr Bohnenberger.

Bohnenbergers Beytr. zur theor. u. pr. Electr. St. I. S. 69. ff.

§. 1347. Zu den auffallendsten Wirkungen der verstärkten Electricität belegter Flaschen gehört:

1) Die Entzündung einiger entzündlicher Substanzen, wie des Wasserstoffgas, des Alcohols, des Aethers, des Colophoniums, der Baumwolle, des Schießpulvers.

2) Das Schmelzen dünner Metalldrähte.

3) Die Tödtung kleiner Thiere, und die Vernichtung aller Reitzfähigkeit in den Theilen, durch welche der hinlänglich starke Funke geht.

4) Die Durchbohrung mehrerer Kartenblätter, mehrerer Bogen Papier, der Eyer, der Glasscheiben.

§. 1348.

§. 1348. Alle diese bisher vorgetragenen Wirkungen und Erscheinungen der Kleistischen Flasche, ihre Ladung und Entladung, lassen sich aus den oben angeführten Gesetzen der Electricität (§. 1302. 1305. 1310.), und aus dem Satze: daß dünne Nichtleiter die Vertheilung der Electricität nicht, wohl aber ihre Mittheilung und ihren Uebergang, aufhalten (§. 1312.), leicht erklären. Wird nämlich die innere Belegung durch Mittheilung positiv electrisirt, so bewirkt die darin angehäufte electrische Materie, vermittelst ihrer Repulsionskraft, eine electrische Atmosphäre im Glase das deshalb nicht zu dick seyn darf, und die natürliche electrische Materie der äußern Belegung wird abgestoßen. Ist diese äußere Belegung isolirt, so kann das daraus abgestoßene electrische Fluidum nicht abgeführt werden; es wirkt also durch seine eigene Repulsionskraft auf das der innern Belegung zugeführte electrische Fluidum zurück, verhindert dessen Anhäufung daselbst, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 1333.). Jetzt erhellet auch, warum man während des Ladens der isolirten Flasche einen Funken erhält, wenn man die äußere Belegung mit einem Leiter berührt, und warum so durch öfteres Berühren derselben die Flasche geladen werden kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann ihre abgestoßene natürliche electrische Materie abgeführt, es kann folglich die der innern Belegung zugeführte daselbst angehäuft, und die Flasche kann geladen werden. So viel electrische Materie der innern Belegung zugeführt wird, so viel wird dadurch aus der äußern Belegung abgestoßen. So viel

also

also die innere Belegung einen Ueberschuß an electrischer Materie empfängt, so viel erleidet die äußere daran Verlust. Es folgt hieraus: daß die äußere Belegung negativ electrisirt seyn muß, während die innere es positiv ist, wie auch die Erfahrung lehrt (§. 1344.); daß man eine Flasche durch die andere zugleich laden könne (§. 1345.); und daß nach der Ladung die Quantität des electrischen Fluidums in beyden Belegungen nicht größer oder kleiner ist, als vor der Ladung, wenn anders die Belegungen gleichen leitenden Flächenraum haben, welches keinesweges der Fall ist, wenn die geladene Flasche mit ihrer innern Belegung noch mit dem Conductor der Maschine in leitender Verbindung ist.

§. 1349. Wird die innere Belegung der Flasche **negativ** electrisirt, so wird ihr von ihrer natürlichen electrischen Materie entzogen. Die natürliche electrische Materie der äußern Belegung strebt dann diesen Mangel zu ersetzen, und die äußere Belegung zieht also von den berührenden Leitern so viel electrische Materie an, als die innere Belegung davon verliert. Die äußere Belegung wird also in diesem Falle positiv electrisirt, und die abstoßende Kraft dieser daselbst angehäuften electrischen Materie verstattet die Entziehung derselben von der innern Belegung. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann die Flasche nicht geladen werden, weil die jetzt verstärkte Anziehung der Materie der äußern Belegung zum electrischen Fluidum die Entziehung desselben von der innern Belegung hindert.

§. 1350.

§. 1350. Man sieht also, daß nach dem Franklinischen Systeme in der Erklärung der Ladung der Flasche alles, wie bey der Erklärung der electrischen Wirkungskreise und ihres Gesetzes (§. 1318. f.), auf abstoßende und anziehende Kraft zurückgebracht werden kann.

§. 1351. Die auf die eine oder andere Art geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegungen keine Electricität, weil die anziehende Kraft der negativen Belegung zu der auf der positiven Belegung angehäuften electrischen Materie schon durch diese ins Gleichgewicht gebracht ist, und deshalb aus dem berührenden Leiter keine electrische Materie weiter anzieht; die electrische Materie auf der positiven Belegung durch diese Anziehung der negativen Belegung in ihrer abstoßenden Kraft ebenfalls ins Gleichgewicht gebracht ist, und sich also keinem berührenden Leiter weiter mittheilen kann. Bringt man aber beyde Belegungen in leitende Verbindung, so geht der Ueberschuß der electrischen Materie der positiven Seite auf die negative Seite gänzlich über, und der natürliche electrische Zustand beyder Belegungen wird wiederhergestellt. Muß der electrische Strom hierbey die Luft durchbrechen oder durch einen Nichtleiter gehen, der ihm nicht Widerstand genug entgegensetzen kann, oder kann der Leiter den ganzen Strom nicht fassen, so entsteht Explosion. Zugleich erhellet hieraus, warum der Durchgang des electrischen Stroms

durch

durch den isolirten ausladenden Leiter diesen nicht electrisirt (§. 1340.).

§. 1352. Nach dem dualistischen Systeme läßt sich die Erklärung der Ladung und Entladung der belegten Flasche und der begleitenden Phänomene ebenfalls leicht geben. Wird nämlich die innere Belegung durch Mittheilung electrisirt, z. B. + E, so stößt die dem Glase zugeführte Electricität die gleichnamige der äußern Belegung ab und bindet die ungleichnamige oder das — E. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann sie ihr abgestoßenes + E nicht fahren lassen, und ihr — E wird nicht frey, folglich kann auch die innere Belegung kein + E erhalten, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 1333.). Berührt man aber die äußere isolirte Belegung, während daß der innern + E zugeführt wird, mit dem Finger, so erhält man einen Funken, indem nun das abgestoßene + E sich mit — E aus dem Finger sättigen kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann dieses + E stets abgeführt und die Flasche völlig geladen werden. Die geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegung keine Funken, weil das + E der einen Seite durch das Glas hindurch hindert, daß das — E der andern Seite sich nicht mit neuem + E aus dem berührenden Leiter sättigen kann, und auch das — E der einen Seite nicht zuläßt, daß das + E der andern Seite frisches — E sättige. Bringt man aber beyde Belegungen in leitende Verbindung,

bindung, so fällt diese Ursach weg, und beyde entgegengesetzte Electricitäten sättigen sich nun durch wirklichen Uebergang, da sie sich vorher nur banden, und es entsteht der Erschütterungsfunken. Zugleich erhellet aber auch hieraus, warum dieser dem isolirten Leiter, durch welchen er geht, keine Electricität ertheilt (§. 1340.). Eben so läßt sich auch daraus einsehen, warum man nach §. 1345. eine Flasche durch die Belegung einer andern electrisiren kann.

§. 1353. Die Electricitäten haften eben so gut in der Fläche des Glases selbst, so wie auf der Belegung, und daher zeigt auch das Glas, von der isolirten Belegung durch isolirende Körper getrennt, und mit neuer Belegung versehen, noch Ladung (§. 1342.), und giebt aus eben diesem Grunde nach der ersten Entladung noch einen zweyten schwächern Erschütterungsfunken (§. 1341.).

Der Electrophor.

§. 1354. Wenn man einen dünnen, glatten und trockenen Harzkuchen, der in einer metallenen Schüssel liegt, mit einem Katzenfelle reibt, und dann ein rundes Bret, das mit Stanniol überzogen, und im Durchmesser kleiner ist, als der Kuchen, vermittelst seidener Schnüre auf den geriebenen Kuchen setzt, und dasselbe mit dem Finger berührt, so entsteht ein kleiner Funken; und hebt man dann den Kuchen an den seidenen Schnüren wieder isolirt in die Höhe, und berührt

rührt ihn hier wieder, so erhält man wieder einen Funken: und dies kann man sehr lange Zeit immer wiederholen.

§. 1355. Diese Vorrichtung heißt ein **Electrophor** oder **beständiger Electricitätsträger** (Electrophorus perpetuus), den Hr. **Volta** zuerst 1775 bekannt machte, Herr **Wilke** aber schon 1762 unter einer etwas andern Gestalt erfunden hat. Die wesentlichen Theile des Electrophors sind: 1) der **Kuchen**; 2) die **Form**, oder der **Teller**, oder die **Schüssel**; 3) der **Deckel**. Die beyden erstern zusammen heißen auch die **Basis**.

Volta, in den *Scelta di opuscoli interessanti*. T. IX. S. 91. und T. X. 37. Lettre de Mr. *Alex. Volta* sur l'electrophore perpetuelle de son invention, in *Rozier observations sur la phys.* T. VII. S. 21. ff.

Wilke von den entgegengesetzten Electricitäten, in den schwed. Abh. B. XXIII. S. 271. ff.

Ingenhousz Anfangsgründe der Electricität, hauptsächlich in Beziehung auf den Electrophor, in seinen vermischten Schriften, B. I. S. 1. ff.

§. 1356. Der **Kuchen** des Electrophors kann eine jede nicht-leitende Platte seyn, z. B. Glas, Pech, Siegellack, in welchen die Electricität durch Reiben mit schicklichen Materien ursprünglich erregt werden kann, nur muß sie nicht zu dick seyn. Am gewöhnlichsten nimmt man dazu harzige Materien, und das gemeine weiße oder schwarze Pech oder Colophonium dient recht gut, wenn man es durch etwas zugesetzten Terpenthin in der Sprödigkeit vermindert hat.

§. 1357.

§. 1357. Man gießt das gleichförmig geflossene Harz in die Form, die aus einer leitenden Masse bestehen muß, und aus einer runden entweder metallenen, z. B. messingenen, oder auch hölzernen mit Stanniol auf beyden Seiten gehörig belegten Scheibe mit einem aufwärts gebogenen, inwendig $2\frac{1}{2}$ Linie hohen, Rande gemacht wird. Der Rand und die Ecken des Tellers müssen wohl abgerundet seyn. Man gießt so viel geschmolzenes Harz hinein, daß es mit dem Rande gleich hoch steht; dieser aber doch unbedeckt bleibt. Die Oberfläche des Kuchens muß vollkommen glatt, ohne Blasen und Risse, und ohne Vermengung mit leitenden Materien seyn, und seine untere Fläche muß die obere leitende Fläche der Form oder des Tellers allenthalben genau berühren.

§. 1358. Der Deckel, den man auch wohl wegen der Gestalt, die ihm einige gaben, die **Trommel**, sonst aber auch den **Conductor** nennt, muß 1) aus einer stark leitenden Substanz bestehen. Man nimmt dazu entweder eine zinnerne, oder auch eine hölzerne, gehörig abgerundete, und mit Stanniol ganz glatt überlegte, runde Scheibe, deren Durchmesser nach der Größe des Kuchens mehrere Zolle kleiner ist, als der des Kuchens. Um ihn 2) isolirt auf den Kuchen zu setzen oder davon abnehmen zu können, dienen seidene Schnüre von hinreichender Länge, die man an seinem Rande oder in der Fläche selbst befestigt hat; oder auch ein in desselben Mitte angekütteter gläserner Handgriff.

§. 1359.

§. 1359. Man erregt die Electricität des Kuchens am besten, wenn man ihn erst etwas weniges erwärmt, und dann mit einem trockenen warmen Katzenfelle oder Fuchsschwanze peitscht, und zwar wird diese Electricität am grösseſten, wenn die Form nicht isolirt ist. Wenn sie also auf einem mit Wachstuche beschlagenen, oder sonst nicht gut leitenden Tische steht, so muß man noch eine metallene Kette vom Rande der Form herab hängen lassen.

§. 1360. 1) Wenn man den Deckel auf den geriebenen Harzkuchen vermittelst der seidenen Schnüre aufsetzt, und dann mit dem Finger berührt, so erhält man einen kleinen Funken.

§. 1361. 2) Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung stehendes Electrometer zeigt Electricität, wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen setzt, und hat negative Electricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die gleichnamige des Kuchens.

§. 1362. 3) Nach dem Berühren des isolirt aufgesetzten Deckels mit dem Finger zeigt das Electrometer keine Electricität an, und es ist nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität im Deckel weiter zu spüren.

§. 1363. 4) Hebt man den Deckel unberührt und isolirt wieder in die Höhe, so zeigt das Electrometer keine Electricität darin weiter an, wenn der Deckel gehörig weit vom Kuchen entfernt wird, und

giebt keinen Funken bey der Berührung mit dem Finger, den er auf dem Kuchen liegend sogleich giebt.

§. 1364. 5) Berührt man mit einem Finger die nicht-isolirte Form des Kuchens, und mit dem andern den isolirt darauf gelegten Deckel, so erhält man einen Erschütterungsfunken, und dann ist alles wieder todt.

§. 1365. 6) Wenn man aber den Deckel, der nach dem Berühren auf dem Kuchen keine Electricität weiter zeigt, an den seidenen Schnüren in die Höhe zieht, so zeigt das Electrometer gleich wieder Electricität. Man erhält beym abermaligen Berühren in der Höhe einen stechenden Funken, und zwar stärker, wenn man den Deckel vorher nach §. 1364., als nach §. 1360. berührt hat.

§. 1366. 7) Das Electrometer zeigt in dem berührten und isolirt aufgehobenen Deckel positive Electricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die entgegengesetzte Electricität des Kuchens.

§. 1367. 8) Wenn der Deckel nach dem Berühren auf dem Kuchen isolirt in die Höhe gehoben, und ohne in der Höhe berührt worden zu seyn, wieder auf den Kuchen gelegt wird, so bleibt kein Zeichen der Electricität, während daß der Deckel auf dem Kuchen liegt; sie zeigt sich aber sogleich, wenn der Deckel wieder isolirt in die Höhe gehoben wird.

§. 1368. 9) Wenn die Basis isolirt ist, so erhält man einen stechenden Funken, wenn man den

auf

auf den Kuchen isolirt gelegten Deckel berührt, der aber nicht so stark ist, als wenn die Basis nicht isolirt ist (§. 1360.), sonst aber ebenfalls einen Erschütterungsfunken, wenn man die Form und den Kuchen zugleich berührt.

§. 1369. 10) Wenn man in diesen Fällen den Deckel isolirt in die Höhe hebt, so ist er electrisirt, zugleich ist es aber auch die Form, und zwar ist sie gleichartig mit der Electricität des Kuchens.

§. 1370. 11) Läßt man den in der Höhe berührten Deckel zum andern Male auf die isolirte Basis, nachdem man das erstere Mal Form und Deckel zugleich berührt hatte, so ist bey der zweyten ähnlichen Berührung der Erschütterungsfunken nur schwach, oder gar nicht da.

§. 1371. 12) Wenn man die Basis, noch ehe man den Kuchen durch Reiben electrisirt hat, isolirt, den Deckel auflegt, ihn mit dem Finger oder einem andern nicht-isolirten Leiter berührt, während man die Schüssel durch eine Electrisirmaschine positiv electrisirt, so wird der Electrophor zu allen bis jetzt angeführten Erscheinungen tüchtig gemacht, als wenn man den Kuchen mit dem Fuchsschwanze geschlagen hätte. Man sieht leicht, daß bey diesem Versuche der Electrophor als eine geladene Harztafel angesehen werden kann.

§. 1372. Man kann den Electrophor als eine Electrisirmaschine brauchen, und die nöthigsten electri-

schen Versuche mit ihm anstellen, da die Electricität seines Kuchens eine lange Zeit dauert, wenn man ihn vor Feuchtigkeit bewahrt. Man kann mit dem Deckel, wenn man ihn nach dem Berühren und Aufziehen dem Knopfe einer leidner Flasche nähert, diese nach und nach laden, indem man ihre äußere Belegung mit leitender Materie verbindet, oder auch in der Hand hält; auch auf die entgegengesetzte Art laden, indem man sie an dem Knopfe faßt, und die Funken aus dem Deckel in ihre äußere Belegung schlagen läßt.

§. 1373. Durch eine geladene Flasche kann man nun auch die Electricität des Electrophors selbst verstärken; wenn er nämlich mehr negative Electricität haben soll, so stellt man die auf der innern Seite positiv geladene Flasche auf den Kuchen, und führt sie, indem man sie bey dem Knopfe faßt, auf dem Kuchen hin und her.

§. 1374. Die Erscheinungen des Electrophors lassen sich sämmtlich sehr glücklich aus den electrischen Wirkungskreisen erklären und dienen auch zugleich, um die angeführten Gesetze der Electricität ins Licht zu setzen. Jeder geriebene Electrophor ist mit seinem darauf liegenden Deckel als eine geladene und belegte leidner Flasche oder Glastafel anzusehen, und verhält sich auch wie diese. Wird nämlich der Harzkuchen mit dem Fuchsschwanze gerieben, so wird er negativ electrisirt, d. h., es wird ihm von seiner natürlichen electrischen Materie entzogen; und weil dünne Nicht-

leiter

leiter der Vertheilung der Electricität nicht widerstehen (§. 1312.), so strebt die electrische Materie der Schüssel, die als die untere Belegung der Harztafel anzusehen ist, diesen Mangel zu ersetzen, und zieht daher aus den berührenden Leitern verhältnißmäßig so viel electrische Materie an, als die obere Fläche verliert; und es ist hier alles so, wie bey der Ladung einer Flasche, die auf ihrer innern Seite mit negativer Electricität versehen wird (§. 1349.). Man sieht zugleich hieraus, warum die Basis nicht isolirt und der Harzkuchen nicht zu dick seyn muß. Der geriebene Harzkuchen hat also nun auf seiner obern Fläche negative Electricität, während die Form die positive hat; beyde Electricitäten binden sich aber wechselseitig. Wenn der leitende Deckel isolirt auf den Kuchen gelegt wird, so strebt die natürliche electrische Materie desselben, sich in den negativ-electrisirten Kuchen zu ergießen, und es entsteht in dem Deckel Electricität durch Vertheilung; die obere Fläche wird negativ, während die untere positiv ist. Ist die Basis isolirt, so wird durch die positive Electricität der Form die negative der obern Fläche des Kuchens in ihrer Thätigkeit gehemmt, und daher ist die negative Electricität der obern Fläche des Deckels nur schwach. Berührt man aber die isolirte Form und den aufliegenden Deckel zugleich, so kann die Form ihre angehäufte electrische Materie entlassen, die sich in die obere Fläche des Deckels gleichförmig ergießt; die Anziehung der negativen Fläche des Kuchens kann nun freyer auf die natürliche electrische Materie des Deckels wirken, und sie

sie nach seiner untern Fläche ziehen. Man sieht nun leicht, warum man in dem angeführten Falle einen Erschütterungsfunken erhält; man sieht aber auch, warum man diesen erhält, wenn die Basis nicht isolirt ist, und diese und der Deckel zugleich berührt werden. Wenn man den Deckel auf den geriebenen Kuchen, dessen Basis nicht isolirt ist, isolirt gelegt hat, und ihn mit dem Finger berührt, so entsteht ein Funken, weil sich aus dem berührenden Finger electrische Materie in die negative obere Fläche des Deckels ergießt. Nun ist alle Electricität wieder vorben. Hebt man aber jetzt den Deckel isolirt in die Höhe, so ist er positiv electrisirt, weil sich die auf der untern Fläche vorher angehäufte electrische Materie über den ganzen Deckel verbreitet, und seine obere Fläche ihren Mangel durch Berührung mit dem Fingern schon ersetzt hat. Bey dem Wiederauflegen des in der Höhe isolirt gebliebenen (unberührten) Deckels auf dem Kuchen, muß nothwendig alle positive Electricität desselben wieder verschwinden, so wie gleicher Maaßen bey dem Aufheben des Deckels von dem Kuchen, der während seinem Daraufliegen nicht berührt worden ist, sich keine negative Electricität darin äußern kann. — Wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen gelegt hat, dessen Schüssel isolirt ist, so geht bey gleichzeitiger Berührung des Deckels und der Schüssel, wie schon gesagt ist, die jetzt thätige natürliche electrische Materie der Schüssel in den Deckel über, um den Mangel desselben auf der Oberfläche zu ersetzen; und daraus erhellet nun, warum

nach

nach dem Abheben des Deckels auch die Form negativ electrisirt ist (§. 1369.), und warum der Erfolg des §. 1370. nachher eintritt. Die Ladung des Electrophors auf die §. 1371. angeführte Weise bedarf keiner Erklärung, da sie aus der Ladung der belegten Flasche und dem (§. 1312.) angeführten Satze folgt. So lassen sich also alle Erscheinungen des Electrophors dem Franklinischen Systeme gemäß genugthuend, und aus bloß anziehenden und abstoßenden Kräften erklären.

§. 1375. Nach dem dualistischen Systeme ist die Erklärung folgende. Wird der Harzkuchen gerieben, so wird sein natürliches — E auf der obern Seite frey, und da dünne Nichtleiter der Vertheilung der Electricität nicht widerstehen, so bindet dieses — E gleich viel + E auf der andern Fläche des Kuchens, und stößt das — E dieser Seite aus. Ist die Basis nicht isolirt, so geht dieses — E frey aus, oder sättigt sich aus den leitenden Körpern mit andern + E. Setzt man den isolirten Deckel auf den Kuchen, so bindet das — E der obern Seite des letztern das + E des Deckels, so bald er in seinen Wirkungskreis kommt, und das — E des Deckels wird frey und nach der obern Seite zu ausgestoßen. Daher zeigt nun der Deckel, während daß er auf dem Kuchen liegt, auf der obern Seite — E. Berührt man ihn hier mit dem Finger, so sättigt sich dieses freye — E mit + E aus demselbigen und es entsteht ein Funken; nun scheint aber alles wieder todt. Hebt man aber den Deckel nach diesem Berühren an seinen Schnüren in

die

die Höhe, so wird das + E der untern Seite desselben, das vorher durch das — E des Kuchens gebunden war, wieder frey, wenn es außer den Wirkungskreis des Kuchens kommt, und der Deckel hat jetzt eigentlich + E — E + E = + E, ist also positiv electrisirt, und giebt beym Berühren mit dem Finger einen Funken, oder sein freyes + E sättigt sich mit — E aus dem Finger. legt man den Deckel, ohne ihn in der Höhe berührt zu haben, wieder auf den Kuchen, so bindet das — E des letztern das + E des erstern, und es ist keine Electricität weiter zu spüren. Wenn die Basis isolirt ist, so kann das + E der Form nicht abgeführt werden. Denn wenn die obere Seite des Kuchens — E hat, so bindet dieses gleich viel + E der untern Seite; dieses + wirkt aber auch zugleich auf die innere Seite der Form und stößt das + derselbigen ab, und zieht das — E an. Wird der Deckel auf den Kuchen gelegt, so kann das nicht ganz freye — E des Kuchens nicht so viel + E des Deckels binden, folglich nicht so viel — E frey machen, und daher ist bey der Berührung des Deckels der Funken nur schwach. Wenn aber Form und Deckel zugleich berührt werden, so ist der Fall anders, denn nun kann die Form ihr + E sogleich entlassen, und also kann das — E des Kuchens nun freyer wirken, und es entsteht der Erschütterungsfunken, indem sich das aus der Form abgeführte + E mit dem freyen — E der obern Seite des Deckels sättigt. — Wenn aber auch die Basis nicht isolirt ist, so entsteht doch der Erschütterungsfunken, wenn man Deckel und Form

zugleich

zugleich berührt, eben weil die Form ihr + E entläßt, indem die obere Seite des Kuchens durch das + E des Deckels beschäftigt wird.

Der Condensator, der Collector und der Duplicator der Electricität.

§. 1376. Auf die Lehre von den electrischen Wirkungskreisen gründet sich auch noch der **Condensator der Electricität**, eine Erfindung des Hrn. **Volta**, und ein sehr wichtiger Beytrag zum electrischen Apparate. Er ist dem Electrophor ähnlich, nur daß er nicht wie dieser aus einer isolirenden, sondern aus einer halbleitenden oder schlechtleitenden **Platte** besteht, auf welche der wohl abgerundete **Deckel** von Metall vermittelst seidener Schnüre gelegt wird.

Volta, in den *philos. transact.* Vol. LXXII. P. I.

§. 1377. Man macht diese Platte aus trocknem und reinem Marmor oder Alabaster, oder auch aus Holz mit Siegellack oder Firniß ganz dünne überzogen, u. dergl. halbleitender Materie. Der Deckel muß ganz genau an die Platte anschließen. Man kann auch eine Metallplatte mit Taffent auf ihrer untern Seite überziehen, seidene Schnüre daran befestigen, und sie dann so ohne untere Platte brauchen, wenn man sie auf einen Tisch, Stuhl, Buch, und dergl. legt.

§. 1378. Vermittelst dieses Condensators kann man äußerst schwache Electricitäten, die sonst nicht bemerkbar seyn, oder, welche schnell und leicht verschwin-

schwinden würden, merklich machen und sammeln, und er verdient daher auch den Namen eines **Mikro-electroskops** oder **Mikroelectrometers**.

§. 1379. Die Wirkung des Condensators beruhet darauf, daß in einem electrisirten Körper, wenn ein anderer mit seiner natürlichen Electricität versehener Körper in seinem Wirkungskreise ist, die Intensität seiner Electricität vermindert, und er folglich fähig wird, mehr Electricität anzunehmen, oder seine Capacität vermehrt wird. Diese Capacität wird bey der Berührung am größesten, wenn nur dabey die wirkliche Mittheilung oder der Uebergang der Electricität verhütet wird, welches man erhält, wenn man den Körper ohne alle scharfe Ecken und Spitzen so glatt als möglich macht.

§. 1380. Wird also dem Deckel des Condensators Electricität zugeführt, z. B. positive, so bindet die Basis das electrische Fluidum mehr, die Intensität desselbigen wird vermindert, und die Capacität des Deckels wächst, und so kann sich immer mehr und mehr von der zugeführten Electricität sammeln, die unbemerkbar ist, so lange der Deckel auf der Basis ruht, aber sich sogleich zeigt, wenn man ihn an den seidenen Schnüren hinlänglich davon entfernt.

§. 1381. Um hierbey den wirklichen Uebergang der dem Deckel zugeführten Electricität in die Basis zu verhüten, wählt man eben zur letztern einen unvollkommenen oder **Halbleiter**, der diesem Uebergange der Electricität stark genug widersteht. Eine

völlig

völlig isolirende oder nicht-leitende Basis würde nicht dienen, weil sie der Vertheilung der electrischen Atmosphäre zu sehr widersteht, und folglich die Capacität des darauf liegenden Deckels nicht vermehrt wird. Ein dünner isolirter Condensator ist daher ebenfalls auch unwirksam.

§. 1382. Durch den Condensator hat man entdeckt, daß bey verschiedenen Zerstörungen oder neuen Zusammensetzungen von Körperarten, wobey Wärmestoff wirksam ist, sich Electricität entwickele, als bey der Ausdünstung des Wassers, beym Verbrennen der Kohlen, bey der Erzeugung von Wasserstoffgas und Salpetergas, bey der Erhitzung des menschlichen Körpers durch Bewegung, u. dergl. m. Ist die Electricität eines Körpers, den man untersucht, so schwach, daß der Condensator nur schwache Spuren davon zeigt; so kann man sie nach Hrn. **Cavallo** dadurch merklicher machen, daß man sie von dem größern Deckel an einen zweyten kleinern Condensator versetzt, und sie solcher Gestalt noch mehr condensirt.

§. 1383. Gegen diesen Volta'schen Condensator hat Hr. **Cavallo** den freylich gegründeten Entwurf gemacht, daß durch die Operation mit demselben Electricität ursprünglich erregt, oder die Basis electrophorisch werden kann, wodurch dann allerdings die damit erhaltenen Resultate trügerisch ausfallen müssen. Allein Hr. HR. **Lichtenberg** hat diesen Fehler durch folgende sinnreiche Einrichtung desselben völlig gehoben. Auf eine Metallplatte, wozu die äußere Seite jedes

jedes flachen zinnernen Tellers gebraucht werden kann, werden 3 Stückchen Scheibenglas, so klein als man sie nur erhalten kann, etwa in der Größe des Buchstabens o, in einen ungefähr gleichseitigen Triangel gelegt. Auf diese 3 Glaspuncte wird nun der Teller des Condensators gesetzt, der sonst die metallene Unterlage nicht weiter berühren muß. Auf diese Art wird bloß eine dünne Luftschicht zwischen zwey Leitern erhalten, und dadurch der Zweck der Einrichtung des Condensators völlig erreicht, dabey aber der Fehler der gewöhnlichen Einrichtung vermieden. Es ist gut, die Platten vor jedesmaligem Gebrauch zu erwärmen.

Erxlebens Naturlehre, von Hrn. Lichtenberg. 6. Aufl. S. 505. f.

§. 1384. Hiermit kommt auch der vom Hrn. Cavallo vorgeschlagene Electricitätssammler oder Collector überein, der im Grunde der lichtenbergische Condensator mit doppelter Luftschicht ist. Er besteht aus einer Zinnplatte, 13 Zoll lang und 8 Zoll breit, an deren kürzere Seitenränder zwey zinnerne Röhren, die an beyden Enden offen sind, angelöthet sind. In ein hölzernes Fußgestelle sind zwey gläserne, mit Siegellack überzogene, Glasfüße eingeküttet; ihre obern Enden sind in die untern Oeffnungen der zinnernen Röhren eingeküttet, so daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt ist. An das hölzerne Bodenstück, das die Zinnplatte trägt, ist auf beyden Seiten ein hölzerner Rahmen mit Hülfe eines Charniers befestigt, so daß diese Rahmen entweder mit der Platte parallel gestellt, oder hori-

zontal niedergelegt werden können. Ueber die innere **Seite** dieser Rahmen ist von der Mitte ihrer Höhe **Goldpapier** ausgespannt, das noch wirksamer mit **dünnem** Stanniol überzogen werden kann. Wenn **die** Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte nicht, sondern sind etwa $\frac{1}{5}$ Zoll davon ab. Sie **sind auch** etwas schmäler, als die Zinnplatte, um die **zinnernen** Röhren nicht zu berühren. Vermittelst **eines** oben angebrachten kleinen Brets mit einer **Klammer** können die Rahmen im verticalen Stande fest erhalten werden.

Beschreibung eines neuen electrischen Instruments, um eine zerstreute und wenig verdichtete Quantität der Electricität zu sammeln, von Hrn. Tiberius Cavallo; aus den *philos. transact.* Vol. LXXVIII. S. 255. übers. im Journal der Phys. B. I. S. 275. ff.

§. 1385. Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch, in ein Fenster, oder an einen andern bequemen Ort. Man stellt ein Flaschenelectrometer daneben, welches durch einen Eisendraht mit einer von den zinnernen Röhren in leitender Verbindung ist. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und der electrisirten Substanz, deren Electricität man in der Zinnplatte sammeln will. Um z. B. die Electricität des Regens oder der Luft zu sammeln, stellt man das Instrument nahe an ein Fenster, und steckt das eine Ende eines langen Drahts in die Oeffnung der zinnernen Röhre, und läßt das andere Ende aus dem Fenster in die Luft hervortragen. Durch die nahe Nachbarschaft der leitenden Substanz der Rahmen

men wird die Intensität der der Zinnplatte zugeführten Electricität geschwächt, folglich die Capacität der Zinnplatte dadurch vermehrt, ohne daß ein wirklicher Uebergang der Electricität aus der Zinnplatte in die leitende Fläche der Rahmen erfolgen könnte. Werden nun die Rahmen horizontal niedergelegt, und so von der Zinnplatte entfernt, so wird die in der letztern vorher insensibel gemachte Electricität jetzt frey, und die Kügelchen des Flaschenelectrometers divergiren. Durch eine an das letztere genäherte geriebene Siegellackstange kann dann die Natur der gesammelten Electricität leicht erforscht werden. — Eine zu schwache Electricität kann man dadurch bemerklich machen, daß man sie aus dem größern Collector an einen kleinern versetzt.

§. 1386. Der Zweck des **Duplicators** der Electricität, den **Bennet** erfunden, **Cavallo** verbessert, und dem **Nicholson** eine sehr sinnreiche, vortheilhaftere Einrichtung gegeben hat, besteht darin, eine geringe, sonst nicht bemerkbare, Quantität der Electricität so lange zu vervielfältigen, bis sie hinreichend wird, ein Electrometer zu afficiren, um so ihre Beschaffenheit zu erforschen. In Ansehung der Einrichtung des Werkzeuges verweise ich auf die unten angezeigten Abhandlungen. Bey dem Gebrauche desselben ist aber dahin zu sehen, daß das Werkzeug nicht noch Reste voriger Electricität enthalte, die sonst zu falschen Resultaten Anlaß geben könnten.

Von den Methoden, die Gegenwart kleiner Quantitäten natürlicher oder künstlicher Electricität zu entdecken, und ihre

ihre Beschaffenheit zu erkennen, von Tiber. Cavallo; in Grens Journ. der Phys. B. I. S. 49. ff.

Beschreibung eines neuen electrischen Instruments, welches den doppelten Zustand der Electricität hervorbringt, von Nicholson; ebendas. B. II. S. 61. ff.

Einige Erscheinungen der Electricität im luftleeren Raume.

§. 1387. Die Electricität läßt sich auch im luftleeren Raume erregen, und eine kleine Electrisirmaschine unter der Glocke der Luftpumpe angebracht, liefert electrische Erscheinungen.

§. 1388. Die verdünnte Luft isolirt aber nicht mehr, sondern leitet sehr stark, und das electrische Licht breitet sich darin ungemein weit aus, und giebt im Dunkeln einen sehr hellen Glanz. Wenn man daher eine gläserne Kugel, die von Luft leer gepumpt ist, zum Reiber der Maschine nimmt, so erscheint sie im Dunkeln ganz mit Licht erfüllt. Das **Leuchten der Barometer** ist ebenfalls daher zu leiten.

Die electrische Schlange.

§. 1389. Wenn man eine gläserne Glocke, die oben mit einem metallenen Knopfe versehen ist, der mit mehrern Spitzen in die Glocke hinabsteigt, auf einem beweglichen Teller der Luftpumpe luftdicht aufküttet, dann die Luft darin verdünnt, und im Dunkeln einen Funken in den Knopf der Glocke schlagen läßt, so breitet sich das electrische Licht in den ganzen Raum der Klocke aus. Dieses electrische Licht zeigt sich auch, wenn man die Wand der Glocke an den Knopf des electrisirten Conductors der Maschine hält, und

zwar

zwar entstehen anfangs helle Blitze, bis zuletzt alles mit Licht erfüllt ist.

Adams Vers. über die Electricität. S. 182. ff.

Einige besondere Arten der Electricität.

§. 1390. An dem **Turmalin**, einer Schörlart, hat man schon seit geraumer Zeit die Eigenschaft entdeckt, daß er, wenn er erwärmt oder auch abgekühlt wird, Electricität erhält, und zwar entgegengesetzte Electricitäten an entgegengesetzten Enden. Die Electricität äußert sich nach der Richtung seiner Achse, die durch die beyden Enden des Krystalles geht, so daß diese die entgegengesetzte Electricität haben. Durch Reiben mit schicklichen Materien erhält er die Electricität, wie andere Nichtleiter. Sonst hat man die Eigenschaft, durch bloße Erwärmung, ohne Reiben, electrisirt zu werden, noch an dem **brasilianischen Topas**, am **krystallisirten Galmey**, und am **Boracit** wahrgenommen.

Ich theile hier die Eigenschaften des Turmalins in Absicht auf die Electricität nach Hrn. Cavallo (vollständige Abhandl. der Lehre von der Electricität, S. 26. ff.) mit:

1) So lange der Turmalin in einerley Grade der Wärme erhalten wird, zeigt er keine Merkmale der Electricität. Er wird aber electrisirt, wenn man ihn erwärmt oder erkältet, und zwar in dem letztern Falle noch stärker, als in dem ersten.

2) Die Electricität zeigt sich nicht auf seiner ganzen Oberfläche, sondern nur in der Gegend zweyer entgegengesetzter Puncte, die man seine Pole nennen kann, welche allezeit in gerader Linie mit dem Mittelpuncte des Steines und nach der Richtung seiner Blätter liegen; nach welcher Richtung er vollkommen undurchsichtig ist, ob er gleich nach der andern Richtung halbdurchsichtig erscheint.

3) Während der Zeit, da der Turmalin erwärmt wird, hat der eine Pol A von ihm + E, der andere Pol B − E. Wird

Wird er aber erkältet, so hat während der Zeit des Erkältens A — E, und B + E. Wird der eine Pol mehr erwärmt, indem der andere mehr erkaltet, so kann es kommen, daß beyde Pole + E oder — E haben.

4) Wird er erwärmt, und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine seiner Seiten berührt wird, so hat A + E, B — E, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.

5) Wenn der Turmalin auf einem isolirten Körper erwärmt oder erkältet wird, so wird dieser Körper eben so wohl, als der Stein, electrisirt, und erhält die entgegengesetzte Electricität von derjenigen, die sich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.

6) Die Electricität einer jeden oder beyder Seiten kann sich in die entgegengesetzte verwandeln, wenn der Turmalin beym Erwärmen oder Erkälten verschiedene Substanzen berührt.

7) Wird der Turmalin in verschiedene Stücke zerschnitten, so hat jedes Stück seinen positiven und negativen Pol, einen jeden nach der positiven oder negativen Seite des Steins zu, aus welchem man das Stück geschnitten hat.

8) Diese Eigenschaften des Turmalins zeigen sich auch im luftleeren Raume, aber nicht so stark, als an der Luft.

9) Canton hat an einem im Dunkeln erwärmten Turmalin während der Erwärmung ein sehr lebhaftes Licht wahrgenommen.

Experiments on the Turmalin, by Mr. *Benj. Wilson*; in den *philos. transact.* Vol. LI. P. I. S. 308. Recueil de differens mémoires sur la Tourmaline, publié par Mr. *Franc. Ulr. Theod. Aepinus*, à Petersbourg 1762. 8. Wilke Geschichte des Turmalins; in den schwed. Abhandl. B. XXVIII. S. 95 ff. B. XXX. S. 1. ff. und 105. ff. *Torb. Bergman* de vi electrica Turmalini; in seinen *opusc. physic. -chem.* Vol. V. S. 402. ff.

Die Electricität des Boracits hat Herr Haüy entdeckt. Er hat seine Versuche mit solchen Würfeln gemacht, wovon 4 Ecken so abgestumpft sind, daß jede Abstumpfungsfläche einer nicht abgestumpften Ecke gegen über steht, und wovon auch die zwölf Kanten des Würfels abgestumpft sind. Man kann in diesen Krystallen des Boracits vier verschiedene Achsen annehmen, die eine ähnliche Lage haben, und wovon jede durch eine nicht-abgestumpfte Ecke des Würfels und durch die Mitte der Abstumpfungsfläche der gegen über stehenden abgestumpften Ecke geht. Die electrischen Kräfte äußern sich in den Richtungen dieser 4 Achsen so, daß diejenige von den beyden einerley Achse zugehörigen Ecken, welche abgestumpft ist, + E hat, während die gegen über stehende nicht-abgestumpfte Ecke — E zeigt.

Ueber die Electricität des Boracits, oder Boraxspathes, vom Herrn Abbé Haüy; im Journal der Physik, B. VII. S. 87. f.

 §. 1391.

§. 1391. Noch merkwürdiger ist die Electricität einiger Fischarten. Am stärksten entdeckte man sie an dem **Zitteraale**, oder **electrischen Aale** (Gymnotus electricus), der, wenn er gereitzt wird, bey der Berührung mit der Hand, oder auch mit einem Leiter und selbst bey der Entfernung im Wasser, eine starke Erschütterung und einen heftigen Stoß in den Gelenken der Finger, ja sogar bis zum Ellenbogen, verursacht, als wenn man eine geladene Leidner Flasche mit den Händen entladet. Bey Berührung und Reitzung des Fisches durch Nichtleiter empfindet man keinen Stoß. Aehnliche, wiewohl schwächere, Wirkungen hat man an dem **Zitterrochen** (Raia Torpedo) wahrgenommen, an dem Herr **Walsh** wirkliche electrische Funken sichtbar gemacht hat, als er den aus dem Wasser genommenen Fisch reitzte. Endlich gehört noch hieher der **Zitterwels** (Silurus electricus), der **electrische Stachelbauch** (Tetrodon electricus) und der Trichiurus indicus.

Vom Zitteraale hat Herr Bloch (Naturgeschichte der ausländischen Fische, Th. II. Berlin 1786. 4. S. 43.) die Nachrichten darüber sorgfältig gesammelt.

Vom Zitterrochen sehe man: *John Walsh* of the electric property of the Torpedo; in den *philos. transact.* Vol. LXIII. S. 461.

Vom Zitterwels: *Broussonet*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. de Paris*, 1782.

Vom electrischen Stachelbauche: *Peterson*, in den *philos. transact.* Vol. LXXVI. P. II. S. 382.

Die so genannte thierische Electricität.

§. 1392. Wenn man bey einem lebenden Frosche einen Nerven, z. B. den Cruralnerven, entblößt und

und diesen Nerven mit zwey verschiedenen Metallen, z. B. mit Silber und Zinn, mit Silber und Zink, zugleich berührt, während auch diese Metalle mit einander in Berührung sind, so entsteht sogleich eine krampfhafte Zusammenziehung der Muskeln, zu welchen der Nerve geht. Die Erscheinung zeigt sich, so lange die Theile noch Vitalität haben. Sie zeigt sich auch bey abgetrennten Gliedmaßen, wenn sie nur noch Reitzfähigkeit besitzen. — Wenn man das Ende der Nerven auf ein Metall legt, z. B. auf Stanniol, auf das entblößte Muskelfleisch, zu welchem der Nerve geht, ein anderes Metall anbringt, z. B. einen Streifen Blattsilber, und nun beyde Metalle durch einen nicht-leitenden Bogen berührt, so ist die Erscheinung nicht da; sie zeigt sich aber, wenn man jene durch einen electrischen leiter in Verbindung setzt, z. B. durch einen Metalldraht, durch eine Kohle. — Die Erscheinung zeigt sich ferner, wenn zwey Stellen eines und desselbigen Nerven mit zwey verschiedenen Metallen belegt und durch einen guten leiter in Verbindung gebracht werden; sie zeigt sich in diesem Falle nicht, wenn man die Verbindung durch einen guten Nichtleiter macht.

§. 1393. Die Versuche lassen sich auf eine interessante Weise auch so anstellen, daß man dem lebenden Frosche die Haut ganz abzieht, die Eingeweide herausnimmt, und ihn so präparirt, daß seine Schenkel bloß durch die Cruralnerven mit dem Rumpfe zusammenhängen. Man stellt hierauf zwey Trinkgläser mit Wasser gefüllt dicht neben einander, und hängt den

Frosch so über beyde, daß der Rumpf in das Wasser des einen, die Schenkel in das Wasser des andern Glases tauchen. Taucht man nun ein Metall in das Wasser des einen, und ein anderes verschiedenes Metall in das Wasser des andern Glases, so sind die Zuckungen in dem Frosche sogleich da, so bald auch die Metalle oben mit einander in Berührung gesetzt werden.

§. 1394. Braucht man in diesem Falle oder in dem vorigen nur Metalle von einerley Art, die durchaus nicht verschieden sind, so ist bey ihrer Berührung unter einander und mit dem Frosche keine Zuckung desselben da; sie ist aber da, freylich nur schwach und nur bey einem Frosche von starker Vitalität, wenn die Metalle zwar von derselbigen Art, aber doch in der Härte, in der Legirung, in der äußern Politur, in der äußern regulinischen Beschaffenheit, verschieden sind. So ist z. B. keine Zuckung des Frosches in dem zuletzt angeführten Versuche da, wenn man die Verbindung des Wassers in den Gläsern z. B. durch einen Bogen von Silberdraht macht, der durchaus gleichförmig in seiner Natur ist.

§. 1395. Allein in dem angeführten Falle (§. 1393.) sind die Zuckungen gleich wieder da, wenn man das Eine Ende des leitenden Bogens mit einer leitenden Flüssigkeit anderer Art, als bloßes Wasser ist, z. B. mit einer Auflösung von Alkali, mit Scheidewasser, mit einer Auflösung von Schwefelalkali bestreicht; oder wenn man in das eine Glas bloßes Wasser, in das andere Essig, oder eine alkalische Auflösung, oder eine Auflösung von Schwefelleber

oder

oder eine Salzauflösung gießt, und die Verbindung jetzt auch nur durch ein einziges Metall macht.

§. 1396. Die angeführten Erscheinungen von Zuckungen hat man nicht nur bey Fröschen und bey Thieren mit kaltem Blute, sondern auch bey warmblütigen Thieren, und selbst bey menschlichen Gliedmaßen wahrgenommen, so lange sie noch Reitzfähigkeit besaßen. Nur zeigen sie sich desto schwächer, je geringer, bey übrigens gleichen Umständen, die Reitzfähigkeit ist, und dauern desto kürzere Zeit, je früher diese erlischt.

§. 1397. Man applicire einen Streifen Stanniol unter die Spitze der Zunge und die Unterlippe, so daß er hervorsteht; man berühre hierauf die obere Fläche der Zungenspitze mit Silber, und mit demselben zugleich das Stanniol: so empfindet man in dem Augenblicke, da sich beyde Metalle unter sich und zugleich die Zunge berühren, einen sehr auffallenden, gleichsam caustischen, Geschmack.

§. 1398. Man fülle einen zinnernen Becher mit Kalkmilch, oder mit alkalischer, mäßig starker Lauge, fasse den Becher mit einer oder beyden Händen, die man mit bloßem Wasser feucht gemacht hat, und bringe die Spitze der Zunge auf die Flüssigkeit im Becher. Sogleich wird man die Empfindung von einem sauern Geschmacke auf der Zunge erhalten, welche die alkalische Flüssigkeit berührt. Dieser Geschmack ist, im Anfange wenigstens, sehr entscheidend, bis er endlich

dem eigenthümlichen alkalischen der Flüssigkeit Platz macht.

§. 1399. Man nehme einen Becher von Zinn, (noch besser von Zink,) stelle ihn auf einen silbernen Fuß, und fülle ihn mit reinem Wasser. Steckt man die Spitze der Zunge ins Wasser, so findet man es, wie natürlich, unschmackhaft; so bald man aber zugleich den silbernen Fuß mit den recht benetzten Händen preßt, so empfindet die Zunge einen sehr entschiedenen sauern Geschmack.

§. 1400. Man bringe endlich zwischen die linke obere Kinnlade und die linke Wange eine Stange Zink, und zwischen die untere rechte Kinnlade und die rechte Wange eine Stange Silber, so, daß die Metallstücke aus dem Munde hervorragen, und nähere hierauf diese hervorragenden Enden einander; so wird man im Dunkeln bey dem Contacte beyder Metalle Licht empfinden.

§. 1401. Wenn in allen den angeführten Fällen Muskelbewegung oder Empfindung erregt werden soll, so müssen Leiter von verschiedener Art, so wohl unter einander, als mit den reitzbaren oder empfindenden Theilen in Berührung seyn.

§. 1402. Bey gleicher Reitzfähigkeit der thierischen Theile bringen die verschiedenen Leiter in Berührung unter einander und mit reitzfähigen Theilen nicht gleich starke Wirkungen hervor. Diese sind um desto lebhafter, je mehr die angewandten Metalle von einan-

einander in der hier genannten Ordnung von einander abstehen:

Zink,
Stanniol,
Pfundzinn,
Bley,
Eisen,
Gelbkupfer,
Kupfer,
Platin,
Gold,
Silber,
Quecksilber,
Reißbley (Holzkohle).

§. 1403. Der Erste, welcher die bey der Berührung von zwey verschiedenen Metallen entstehenden Muskelbewegungen beobachtete, war **Galvani** zu Bologna; und man hat daher nach ihm die Erscheinungen dieser Art unter dem Namen des **Galvanismus** begriffen. Die Versuche darüber beschäftigten bald nachher eine große Menge von Naturforschern und Physiologen in mehrern ländern; man änderte sie auf mannigfaltige Weise ab und entdeckte eine Menge neuer Thatsachen. So wie es aber gemeiniglich mit neuen Entdeckungen physicalischer Thatsachen zu geschehen pflegt, daß man sogleich Erklärungen ihrer Ursachen wagt, ehe man noch die Thatsachen selbst gehörig vervielfältigt und abgeändert hat, so geschah es auch hier. Man ging gleich anfangs von einer eigenthümlichen, den lebenden Organen beywohnenden, und die Muskelbewegungen erregenden, **thierischen Electricität** aus, und ließ die Muskeln sich ordentlich damit laden und wieder

der entladen. Andere erklärten die Erscheinungen durch chemische Mischungsveränderungen, die bey der Einwirkung der Metalle unter einander und mit den berührenden lebenden Theilen in diesen vorgehen sollen und brachten zum Theile davon wunderliche Meinungen bey. Keiner von allen Naturforschern, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, hat ihn auf so vielfache Art untersucht, als Herr Volta. Ihm verdanken wir die meisten hierher gehörigen Entdeckungen und die nähere Bestimmung der dabey obwaltenden Umstände. Er ist es aber auch, der die dabey wirkende Ursach zuerst aufgeklärt und ins Licht gesetzt, und der bis zur überzeugendsten Evidenz dargethan hat: daß diese Ursach, welche in den angeführten Fällen Muskelbewegungen erregt und den Geschmacks- und Gesichtssinn afficirt, das gewöhnliche electrische Fluidum ist, welches nicht durch einen thierischen Lebensprozeß, sondern durch die Berührung heterogener Leiter unter einander in Action gesetzt wird; daß dieses in Circulation gesetzte electrische Fluidum reitzfähige Theile reitze, und so Muskelbewegungen und Empfindungen veranlasse. Es ist ihm endlich gelungen, die bey der Berührung der heterogenen Leiter in Action gesetzte electrische Materie durch Hülfe des Duplicators bis zur Wahrnehmung an einem Electrometer darzuthun. So sind also diese Untersuchungen zwar nicht für die Physiologie aufklärend und fruchtbar gewesen, desto mehr aber für die Naturlehre im Gebiete der electrischen Erscheinungen.

Aloysii Galvani de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bonon. 1791. 4. Aloys. Galvani Abhandlung über die Kräfte der thierischen Electricität auf die Bewegung der Muskeln, nebst einigen Schriften der Herren Valli, Carminati und Volta über eben diesen Gegenstand, herausgegeben von D. Joh. Mayer. Prag 1793. 8. Nachricht von den Versuchen des Hrn. Galvani über die Wirkung der Electricität auf die Muskularbewegungen; in Grens Journal der Physik, B. VI. S. 371. ff. Briefe des Hrn. Euseb. Valli über die thierische Electricität; ebendas. S. 382. ff. S. 392. ff. Grens Bemerkungen über die so genannte thierische Electricität; ebendas. S. 402. ff. Schreiben des Hrn. Prof. Reil an Gren über die so genannte thierische Electricität; ebendas. S. 411. ff. Schriften über die thierische Electricität von Alex. Volta, aus dem Ital. von D. Joh. Mayer. Prag 1793. 8. Carl Caspar Creve Beyträge zu Galvani's Versuchen über die Kräfte der thierischen Electricität auf die Bewegung der Muskeln. Frankfurt und Leipzig 1793. 8.; inal. in Grens Journal der Physik, B. VII. S. 323. ff. *Christoph. Henr. Pfaff* diss. de electricitate animali. Stuttg. 1793. 8., übers. im Journ. der Physik, B. VIII. S. 196. ff. Fortgesetzte Bemerkungen über die thierische Electricität, von Hrn. Pfaff; ebendas. S. 270. ff. S. 377. ff. Nachrichten von einigen Entdeckungen des Herrn Galvani, nebst Versuchen und Beobachtungen darüber, von Alex. Volta; ebendas. S. 303. ff. S. 389. ff. C. H. Pfaff über thierische Electricität und Reitzbarkeit. Göttingen 1794. 8. Ueber die gereitzte Muskelfaser, vom Hrn. von Humboldt; im neuen Journal der Physik. B. II. S. 115. ff. Brief des Herrn von Humboldt an Hrn. Blumenbach; ebendas. S. 471. Ebendesselben neue Versuche über den Metallreitz; ebend. B. III. S. 165. ff. Beobachtungen über den Muskelreitz bey Thieren in den Galvani'schen Versuchen, von Herrn Wells in London; ebendas. S. 441. ff. Ueber die gereitzte Muskelfaser, vom Hrn. D. Ph. Michaelis; ebendas. B. IV. S. 1. ff.

Des Herrn Alex. Volta neue Abhandlung über die thierische Electricität; ebendas. B. II. S. 141. ff. Schreiben des Hrn. Volta an Gren; ebendas. B. III. S. 479. Zweytes Schreiben des Hrn. Volta an Gren über die so genannte thierische Electricität; ebendas. B. IV. S. 107. ff.

§. 1404. Die freye und bewegte electrische Materie ist ein Reitzungsmittel für die belebte Faser, und die Folge ihres Reitzes bey ihrer unmittelbaren Durchströmung durch dieselbe ist Empfindung oder Bewegung derselben. Die entblößte Muskelfaser oder ihre Nerven sind solcher Gestalt das empfindlich-

ste Electroskop, und zeigen so das Daseyn eines electrischen Stromes an, der sonst das feinste Electrometer nicht in Bewegung setzen würde. Bey der Berührung heterogener Leiter wird electrisches Fluidum in Bewegung gesetzt, es sey nun, daß alle Leiter im natürlichen Zustande davon eine geringe den Sättigungsgrad derselben in unmerklicher Menge übersteigende Dosis enthalten, und dagegen selbst eine verschiedene Anziehungskraft besitzen; oder daß die Berührung derselben unter einander selbst es frey macht und sie es stärker oder schwächer anziehen. Bilden nun die Leiter einen Kreis, so wird das Fluidum dadurch selbst in Kreislauf gesetzt, was aber durch unsere bisherigen Werkzeuge nicht zu entdecken war. Wenn so z. B. die entblößten Cruralnerven eines Frosches von diesem Kreise heterogener Leiter selbst ein leitendes Stück ausmachen, so daß die ganze oder fast die ganze strömende electrische Materie durch sie allein gehen muß, und die Nerven noch einen Rest von Vitalität haben; so werden die den Nerven zugehörigen Muskeln in Zuckungen gesetzt, so bald die Herstellung des Kreises der Leitung einen solchen electrischen Strom veranlaßt, und so oft man nach gehöriger Unterbrechung desselben ihn gehörig wiederherstellt. Wenn sich anstatt der zur Bewegung dienenden Nerven die an der Spitze oder am Rande der Zunge, welche zum Geschmacke dienen, oder die äußern Theile des Augapfels, in dem leitenden Kreise befinden, so wird auch durch diesen electrischen Strom Empfindung von Geschmack und von Licht erregt.

§. 1405.

§. 1405. So kann man auf folgende Weise
h einen sehr frappanten Versuch Muskelbewegung
Afficirung des Sinnes des Geschmacks und des
ichts zugleich durch den electrischen Strom bewir-
Es treten vier Personen auf einen nicht sehr
nden Fußboden, und werden mit einander folgen-
Maßen in leitende Verbindung gesetzt. Die erste
der Reihe faßt in die rechte Hand, die aber mit
asser benetzt seyn muß, eine Zinkstange, und be-
hrt mit dem Finger der linken Hand die Spitze der
nge der zweyten Person, die wiederum mit einem
nger den bloßen Augapfel der dritten Person be-
hrt; diese dritte Person hält mit naßgemachter
and die hintern Extremitäten eines nach der oben
. 1393.) angeführten Weise präparirten Frosches,
ssen entblößten Rumpf die vierte und letzte Person
der Reihe mit der nassen rechten Hand anfaßt,
ährend sie in der nassen linken eine Silberstange
ält. So wie nun der Erste und letzte in der Reihe
ie Zink- und Silberstange in Berührung bringen,
nd solcher Gestalt den Kreis vollenden, empfindet
die Person, deren Zungenspitze berührt wird, einen
sauern Geschmack, das berührte Auge des Dritten
nimmt einen Schein von Licht wahr, und die Schen-
kel des Frosches, der vom Dritten und Vierten gehal-
ten wird, gerathen in heftige Zuckungen.

§. 1406. Die verschiedenen electrischen Leiter zeigen das Vermögen, bey ihrer Berührung unter einander, einen electrischen Strom zu veranlassen, nicht mit gleicher Thätigkeit (§. 1402.). Herr **Volta** theilt sie

sie in dieser Hinsicht in zwey Classen: in trocke... welche die erste ausmachen, und wohin vorzüglich die Metalle, die Kieße und die Holzkohle gehören; ... in feuchte Leiter, welche die zweyte Classe ausma... chen. Jedesmal nun, daß in einem vollständigen Kr... von Leitern entweder einer von der zweyten Classe zw... schen zwey unter einander verschiedene von der ers... Classe, oder umgekehrt einer von der erstern Cl... zwischen zwey unter sich verschiedene von der zwe... Classe gebracht wird, wird durch die vorwalten... Kraft zur Rechten oder zur Linken ein electrisch... Strom veranlaßt, der bey Unterbrechung des Kr... wieder aufhört, bey Wiederherstellung desselben w... der von neuem veranlaßt wird, und so in den re... fähigen Theilen, die einen Theil des leitenden Kr... ausmachen, Empfindung und Bewegung hervor... Herr Volta hat durch seine Untersuchungen d... than, daß die electrische Action hauptsächlich durch ... Berührung zweyer verschiedenen Metalle mit feuchten Leitern veranlaßt wird, obgleich dieselbe auch bey Be... rührung der trockenen heterogenen Leiter unter einander und selbst der feuchten heterogenen Leiter unter einan... der Statt findet.

§. 1407. Die verschiedenen Arten der Verbin... dung der Leiter unter einander zur Veranlassung eines electrischen Stromes lassen sich durch Zeichnungen deutlich machen, die ich deshalb nach Herrn Volta auf der XV. Kupfertafel hier beyfüge. Sie dienen zugleich, die darauf Bezug habenden Grundsätze an... schaulich zu machen. Die hierher gehörigen Leiter der

erste...

ten Classe, wie die Metalle, sind durch große Buch-
ben, die Leiter der zweyten Classe oder die feuchten
ter durch kleine Buchstaben in den Figuren ange-
gt.

Fig. 156. kann den Fall vorstellen, wo der Froschnerve den feuchten Leiter a macht, der an zwey verschiedenen Stellen von zwey verschiedenen Metallen oder Leitern der erstern Klasse A (Silber) und Z (Zink) berührt wird, die sich unter einander wieder selbst berühren, wie nach §. 1392.; oder a ist die Spitze der Zunge zwischen Silber und Stanniol, die sich unter einander berühren, oder der Fall des §. 1397.

Fig. 157. stellt den Fall vor, wo sich Ein Leiter der erstern Classe zwischen zwey sich berührenden heterogenen Leitern der zweyten Classe in Berührung befindet; wohin die Versuche §. 1395. und §. 1398. gerechnet werden können.

Wenn der Kreis bloß von zwey Arten der Leiter, o verschieden sie auch sind und so vielfach auch die Anzahl der Stücke ist, woraus jeder besteht, zusammen gesetzt ist, wie Fig. 158., 159., 160. und 161., so kann kein Kreislauf des electrischen Fluidums veranlaßt werden; denn die Kräfte sind sich einander gleich, die nach entgegen gesetzten Richtungen wirken.

Eben dies ist auch der Fall, und es wird kein electrischer Strom veranlaßt, der vermögend wäre, auf die zartesten Nerven Eindruck zu machen, wenn von zwey oder mehrern verschiedenen Metallen sich jedes zwischen Leitern der zweyten Classe von einerley Art oder nahe von einerley Art befindet, welchen Fall Fig. 162. vorstellt, oder wenn in dem Kreise zwey trockene Leiter von einerley Art, die mit einem feuchten Leiter zwischen sich verbunden sind, durch einen trockenen Leiter von verschiedener Art an ihrem andern Ende verbunden werden, wie Fig. 163.

Wenn aber in dem letztern Falle A und das eine Z nicht unmittelbar sich berühren, sondern ein feuchter Leiter m, der aber von g verschieden ist, sich dazwischen befindet, wie Fig. 164.; dann ist die electrische Action nicht mehr auf beyden Seiten im Gleichgewichte, und es entsteht nun ein electrischer Strom. Wenn also g ein präparirter Frosch, Z, Z, Stücke von Zink, A Silber, und m ein Wassertropfen, ein Stückchen feuchte Morchel, Seife, Kleber, Eyweiß, u. dergl. ist, so wird der Frosch in Zuckungen gebracht, so bald man den Kreis vollständig macht.

In dem Falle, den Fig. 165. vorstellt, kann wieder kein electrischer Strom veranlaßt werden, wegen des Gleichgewichts auf beyden Seiten; dies findet auch in dem Falle Fig. 166. und 167. Statt.

Aber in den Combinationen, die durch Fig. 168., 169., 170., 171. und 172. vorgestellt sind, sind sich die Actionen, die durch

durch die metallischen Berührungen entspringen, nicht ... einander entgegen gesetzt, folglich entsteht ein electri... Strom. In diesen Figuren kann g den präparirten Fr... vorstellen, der von Personen p, p mit feuchten Händen ... halten wird, A und Z aber Stücke von Silber und Zi...

Wenn in Fig. 169. a zwischen A und Z fehlte, so w... de die Combination mit der in Fig. 167. vorgestellten ... einkommen und kein electrischer Strom veranlaßt wer... Man kann daher den Versuch auf eine frappante Ar... ändern. p im Kreise zur Linken in Fig. 169. sey eine ... son, die in der linken feuchten Hand einen silbernen ... fel, worin etwas Wasser a ist, bey dem Stiele hält, ... der rechten auch ein Silberstück A hat. p oben im Kr... zur Rechten halte in der rechten Hand ein Stück Zink, ... der linken die untern Extremitäten des präparirten F... sches g, dessen Rumpf von der dritten oder mittlern ... son p mit der rechten Hand gehalten wird, während ... der linken mit einer Stange Zink das Silberstück A de... sten Person berührt. Wenn nun die beyden äußersten ... sonen ihr Silber und Zink sich trocken berühren lasse... tritt der Fall Fig. 167. ein, und der Frosch bleibt r... er wird aber lebhaft erschüttert, wenn die eine Person, ... mit dem trockenen Zink eine trockene Stelle des silbern... Löffels zu berühren, das Wasser a darin berührt, wo... der Fall Fig. 169. hergestellt wird.

In dem Falle Fig. 173. wird, wie man nun leicht ... sieht, dadurch, daß zwischen jedes A und Z ein feuc... Leiter a von einerley Art angebracht wird, die Action ... beyden Seiten her wieder ins Gleichgewicht gebracht, ... also die Entstehung des electrischen Stroms gehindert.

Fig. 174. stellt den Typus des oben (§. 1395.) beschrie... nen Versuchs dar, wo g der präparirte Frosch ist, ... die beyden Gläser mit Wasser, A den Bogen eines einz... Metalles, und m den Tropfen oder die dünne Sch... von Schwefelleberauflösung, Salzwasser, Scheidewa... u. dergl. vorstellt. Er ist dem Falle der Fig. 157. analog.

Es giebt noch eine dritte Art, das electrische Flu... zu erregen, obgleich auf eine weit schwächere Weise, ... kaum vermögend ist, einen vollständig präparirten Frosch, ... der noch starke Vitalität hat, in Zuckungen zu verse... Sie besteht darin, daß drey verschiedene Leiter, die ... aus der zweyten Classe sind, den Kreis bilden, ohne ... zwischenkunft eines Metalles oder eines Leiters der erste... Classe. Dieser Fall, weit entfernt, den Grundsätzen de... Herrn Volta, wie man meint, zu widersprechen, ma... sie nur noch allgemeiner. Fig. 175. stellt diesen Fall ... wobey t der Schenkel des nach §. 1393. präparirten Frosch... oder eigentlich der tendinöse Theil des musculus gastro... cnemius ist, der den Rumpf m, oder die Rückenmuskeln, oder auch die Ischiadnerven berührt, indem an die Berührun... ...

flosse Blut, oder viskose, oder seifenartige, oder salzige Feuchtigkeit gebracht ist.

Volta, im neuen Journal der Physik, B. IV. S. 107. ff.

inige Bemerkungen über die Natur und Zusammensetzung der electrischen Materie.

§. 1408. Ungeachtet der überaus großen Men‐ e electrischer Versuche, die bis jetzt angestellt wor‐ en sind, hat man daraus bis jetzt noch wenig Folge‐ ungen über die Natur und das eigentliche Wesen des lectrischen Fluidums gezogen. Vielleicht hat man ich bey der Erklärung mehr Schwierigkeiten gemacht, ls wirklich da sind, indem man das Zufällige von em Wesentlichen nicht gehörig absonderte; vielleicht st die vorgefaßte Meinung des dualistischen Systems von zwey specifisch verschiedenen electrischen Materien selbst eine nicht zu überwindende Schwierigkeit in der Erklärung der Natur und Zusammensetzung des elec‐ trischen Fluidums gewesen. Ich wage es hier, meine Gedanken über diesen Gegenstand vorzulegen. Wäre meine Erklärung auch nur hypothetisch, so hat sie viel‐ leicht doch das Verdienstliche, neue Untersuchungen zu veranlassen, die etwa auf einem andern Wege die Wahrheit finden lassen. Meine Behauptungen ent‐ halten indessen wenigstens nichts, was nicht sinnliche Thatsachen lehrten, und was nicht auf Beobachtung gegründet wäre. Auch verdienen sie vielleicht dadurch einige Rücksicht, daß sie die electrische Materie mit sehr allgemeinen Erscheinungen der Natur in Causal‐

zusam‐

zusammenhang setzen. Ich lege dabey das Frankli-sche System zum Grunde, schicke aber erst noch ei-ge allgemeine Thatsachen voraus, auf die ich bau. Ich brauche mich nur kurz zu fassen, da die wei Anwendung sich leicht machen läßt.

Man vergleiche mit meiner Theorie die von de Luc, in den neuen Ideen über die Meteorologie, Th. I. S. 186. u. f. und die von Gardini (Abhandlung von der Natur des electrischen Feuers; übersetzt von J. G. Geißler. Dresd 1793. 8.)

§. 1409. Da die positiv-electrisirten Körper nicht schwerer, die negativ-electrisirten nicht leichter sind, als in ihrem unelectrisirten Zustande, auch bey Unter-suchungen mit den feinsten Waagen; so folgt, daß die electrische Materie eine **inponderabele** Substanz seyn müsse, in deren Zusammensetzung kein wägbar Stoff eingeht.

§. 1410. Die electrische Materie wird nur frey wirksam und thätig in und auf Nichtleitern. Das electrische Anziehen oder Abstoßen, was ein electrisir-ter Leiter zeigt, zeigt er nur vermöge der electrische Atmosphäre (§. 1318.), d. i., der in der Luft, als einem Nichtleiter, thätigen electrischen Materie. Wä-re die Luft ein Leiter, so würden wir ja nichts von elec-trischen Erscheinungen wissen. Das electrische Licht zeigt sich nur bey dem Uebergange oder Eintritte aus oder in einen Leiter durch einen Nichtleiter. Da die Torricellische Leere natürlicher Weise kein Leiter ist, so wenig als ein Nichtleiter, so muß auch die electrische Materie darin am freyesten werden und das stärkste Licht zeigen. Bey dem Uebergange des verstärkten electr

ectrischen Funkens durch einen dünnen Draht, der avon glühend und geschmolzen wird, wird das elecrische Fluidum nur in so fern frey, als die wenige Masse die ganze Menge des strömenden electrischen Fluidums nicht auf Einmal fassen kann. In den Leiern, ohne Verbindung mit Nichtleitern, wird also ie electrische Materie nie so frey, daß sie sich unsern Sinnen bemerkbar zeigte. Es folgt hieraus, daß die Nichtleiter weit weniger Anziehungskraft zur electrichen Materie haben müssen, als die Leiter.

§. 1411. Die thätige electrische Materie zeigt ich als ein expansibeles **Fluidum**, dessen Theile überwiegende Repulsionskraft besitzen, welche nur durch Anziehung anderer Materien dagegen ins Gleichgewicht, und so zur Unthätigkeit gebracht werden kann.

§. 1412. Die Anhäufung der electrischen Materie auf einem Leiter geschieht nicht durch chemische Verbindung damit, sondern nur durch Adhäsion. Der Beweis dafür ist: daß die electrisirten Leiter nur auf der Oberfläche, nicht im Innern, electrisirt sind (§. 1247.), und daß die Vertheilung der Electricität unter isolirte Leiter sich nicht nach ihren Massen, sondern nach ihren Oberflächen richtet (§. 1246.).

§. 1413. Die aus den Leitern bey dem Uebergange durch Nichtleiter, wegen mangelnder Anziehung der letztern dagegen, ganz frey werdende electrische Materie zeigt sich als **Licht**, bey dem wir an sich keine Verschiedenheit von dem Lichte wahrnehmen, das durchs Verbrennen verbrennlicher Substanzen und auf

Hhh andere

andere Weise entsteht. Soll indessen unser Gesichts-organ dieses Licht empfinden, so muß es natürlicher Weise, wie alles Licht, eine bestimmte Intensität quoad minimum besitzen. Daher zeigt es sich nur bey Funken, bey dem Ausströmen aus leitenden Spitzen, oder bey dem Einströmen in dieselben. Wegen der unvollkommenen nichtleitenden Eigenschaft der Luft und anderer Nichtleiter wird indessen nicht alles durch sie brechende oder strömende electrische Fluidum frey und zum Lichte; und deswegen kann durch Funken Mittheilung der Electricität entstehen.

§. 1414. Ich mache aus allen diesen Thatsachen den Schluß, daß die electrische Materie nichts anders ist, als Lichtmaterie, oder die Zusammensetzung aus der eigenthümlichen Basis des Lichts (§. 802. 803.) und dem Wärmestoffe, die ihrer ganzen Zusammensetzung nach durch Adhäsion mit andern Materien latent gemacht, doch nicht chemisch gebunden, ist. Ihr Bestreben, sich ins Gleichgewicht zu setzen, hängt nicht allein von der Repulsionskraft ihrer Theile untereinander, sondern auch von der Anziehungskraft anderer Stoffe dagegen ab. Sie zeigt dieses Bestreben und wird thätig, wenn sie auf einem Körper über seinen Sättigungsgrad angehäuft worden ist. Durch noch stärkere Anhäufung bey nicht genugsamer Anziehung anderer Stoffe, wie die Nichtleiter sind, kann sie endlich ganz frey werden, wo sie sich dann als Licht offenbart und als solches zerstreuet. Die Anhäufung der electrischen Materie auf isolirten Leitern würde indessen durch die Anziehung derselben dagegen allein

icht geschehen können; oder diese würde nicht hinrei-
hend seyn, der Repulsionskraft ihrer Theile unter ein-
nder hinlänglich das Gleichgewicht zu halten, so daß
e sich als Licht entwickeln und entweichen müßte,
venn nicht die Repulsionskraft der electrischen Atmo-
phäre die Anziehungskraft des Leiters dagegen unter-
tützte. Die Erscheinungen des electrischen Lichts im
Vacuum beweisen dies. Die Wirkungen der Explo-
ion sind Folgen des plötzlich frey werdenden Lichts
der Feuers, als expansives Fluidum.

§. 1415. Es erhellet aus dem Gesagten, daß
das freye Licht nicht mehr die electrische Materie ist,
daß aber auch die Basis des Lichts allein sie nicht aus-
macht, sondern daß das andern Körpern adhärirende
icht nur diesen Namen führen kann.

§. 1416. Da die Lichtmaterie aus ihrer eigen-
thümlichen Basis, (Brennstoff,) und dem Wärmestof-
fe zusammengesetzt ist, so muß es auch die electrische
Materie seyn. Das Daseyn des Wärmestoffes in der
electrischen Materie, durch den sie eben ein expansibe-
les Fluidum ist, folgt also schon hieraus; Herr **van Marum** hat aber den Wärmestoff als Bestandtheil
der electrischen Materie auch direct erwiesen. Das
Schmelzen der Drähte durch den verstärkten electri-
schen Funken gehört auch zu diesen Beweisen.

Versuche zum Erweise, daß in dem electrischen Fluidum Wärmestoff zugegen ist, vom Herrn van Marum; im neuen Journal der Physik, B. III. S. 1. ff.

§. 1417. Der Wärmestoff allein macht aber
nicht das electrische Fluidum aus; dagegen spricht der
Augenschein. Das Daseyn der eigenthümlichen Basis

des Lichts in der electrischen Materie folgt nicht nur aus dem Lichte selbst, zu welchem die electrische Materie bey ihrem Freywerden wird; sondern auch aus andern Versuchen, wie z. B. aus der Zersetzung des Wassers durch den electrischen Funken, dessen Wasserstoff, wenn er Wasserstoffgas bilden soll, nothwendig die Basis des Lichts enthalten muß, die er hier nirgends anders woher, als aus dem electrischen Fluidum empfangen kann.

§. 1418. Die Afficirung des Geruchssinnes durch electrisirte Luft, des Geschmacks durch den electrischen Strom, der die Nerven der Zunge reitzt, beweist nicht das Daseyn eines Riechstoffes, einer Säure u. dergl., in der electrischen Materie; beweis't nur, daß unsere Nerven durch Strömung der electrischen Materie gereitzt werden.

§. 1419. Es folgt aus meiner Theorie: daß die electrische Materie in den Körpern zusammengesetzt und zersetzt werden könne. Die ursprüngliche Erregung der Electricität bey so mannigfaltigen Prozessen des Schmelzens, Verbrennens, Verdampfens, der Gas- und Dampfbildung, Gas- und Dampfzersetzung, ließe sich daraus erklären. Bey dem Reiben ist es ohne Zweifel der dabey entwickelte Wärmestoff, welcher der durch Anziehung der Körper unthätig gemachten und ins Gleichgewicht gebrachten electrischen Materie die nöthige Expansivkraft ertheilt; vielleicht auch sich mit der in den Körpern befindlichen Lichtbasis erst zur electrischen Materie vereinigt. Die verschiedenen Farben, welche das electrische Licht bey seinem

inem Ausströmen aus verschiedenen Leitern zeigt, be-
eis't die Verschiedenheit in dem quantitativen Ver-
ältnisse seiner Bestandtheile, die aus der ungleichen
nziehung der Körper zum Wärmestoffe entspringt.
Die Hauptquelle für die electrische Materie unseres
Erdballes ist das Sonnenlicht, das wir also in dieser
Hinsicht wiederum zu etwas mehr, als Tag zu ma-
chen, dienen sehen, und das wir so als den Grund
vieler anderer sehr großer und wirksamer Kraft-
äußerungen in der Natur zu betrachten veranlaßt
werden.

Fünf-

Fünftes Hauptstück.
Magnetische Materie.

§. 1420.

Ein besonderes Eisenerz, das unter dem Namen des Magnetes (Magnetes), des magnetischen Eisensteines, bekannt ist, hat die Eigenschaft, das Eisen an sich zu ziehen und mit ziemlicher Kraft an sich zu halten. Die Wirkung dieser Anziehung äußert sich schon in der Entfernung, und wenn das Eisen leicht und beweglich genug ist, so bewegt es sich in der Nähe des Magnets gegen denselbigen zu, und auch umgekehrt der Magnet gegen das Eisen, wenn er Beweglichkeit genug hat.

Versuche: An einen rohen Magnet hängt sich Eisenfeil als ein Bart an.

Eine Nadel, die an einem Faden hängt, wird in der Entfernung nach dem Magnete gezogen.

Eisenfeil, das auf Quecksilber oder auf einem Papiere auf Wasser schwimmt, bewegt sich schon in der Entfernung gegen einen Magnet.

Ein Magnet, der auf einem Brete auf Wasser oder auf Quecksilber schwimmt, wird schon in der Entfernung vom Eisen angezogen.

§. 1421. Der Magnet, der sich frey genug bewegen kann, bleibt nicht in jeder Lage, die man ihm giebt, sondern wendet sich ungefähr mit einem Ende gegen Norden, und dem entgegengesetzten nach Süden zu. An diesen sich einander entgegengesetzten Enden hängt sich auch das Eisenfeil in der größten Menge an den Magnet an, und kleine Stückchen Eisendraht stellen sich hier senkrecht auf dem Magnete.

Versuche: Ein Magnet, der an seinem Schwerpuncte durch einen Faden aufgehänat ist, dreht sich mit einer Seite nach Norden, mit der andern nach Süden.
Eben dies geschieht, wenn er auf Quecksilber schwimmt.
An diesen entgegengesetzten Enden hängt sich das Eisenfeil am stärksten an, und stellt sich ein Stückchen feiner Eisendraht senkrecht.

§. 1422. Diese sich einander entgegengesetzten Puncte des Magnets nennt man die **Pole** desselben, und zwar wegen ihrer Richtung den einen den **Nordpol** (Polus boreus), den andern den **Südpol** (Polus australis). Es giebt auch Magnete mit drey und mehrern Polen, welche **zusammengesetzte** oder **anomalische Magnete** genannt werden, und aus mehrern verwachsenen Magneten zu bestehen scheinen.

§. 1423. Die Richtung des Magnets oder die Lage seiner **Achse**, d. h., der geraden Linie, die man von einem Pole desselben zum andern ziehen kann, kommt nur ungefähr mit der Mittagslinie überein, und läßt sich am besten durch die künstliche **Magnetnadel** (Acus magnetica, Versorium) zeigen, von deren Einrichtung weiterhin geredet wird.

§. 1424. Der Magnet zieht das Eisen am stärksten, wenn es im vollkommensten regulinischen Zustande ist. Die Anziehung desselben dagegen wird schwächer, wenn das Eisen vererzt, oder in Säuren aufgelös't, oder mit andern Metallen, besonders mit Arsenik, verbunden wird; doch ist sie unter den gehörigen Umständen nach Hrn. **Brugman** allerdings noch bemerkbar.

Versuche: Einige Tropfen frischer Eisenvitriolauflösung auf einem auf dem Wasser schwimmenden Papiere werden vom Magnete angezogen.

§. 1425.

§. 1425. Ueberhaupt lehrt die Erfahrung, daß das Eisen immer um desto schwächer angezogen werde, je vollkommener es verkalkt wird, und ganz vollkommener Eisenkalk wird nicht gezogen. Wir wissen jetzt gewiß, daß das Eisen nicht das einzige Metall ist, welches vom Magnete angezogen wird. Das Kobalt, auch das reinste, ist nicht nur fähig, vom Magnete gezogen, sondern auch sogar selbst zum Magnete zu werden, und wirklich hat man jetzt auch schon Magnetnadeln von reinem Kobalte.

Erweis, daß das Eisen nicht das einzige Metall sey, welches der Magnet in seiner Reinigkeit anzieht, sondern daß er auch diese anziehende Kraft gegen das Metall des allerreinsten blaufärbenden Kobaltkönigs äußere, von Hrn. J. E. Kohl; in Crells neuesten Entdeckungen, Th. VII. S. 39. Leonhardi's Zusätze und Anmerkungen zu Macquers chemischem Wörterbuche, B. II. Leipzig 1792. S. 896. Anm.

§. 1426. Noch auffallender ist die Entdeckung des Magnetismus in einer bloßen Steinart, dergleichen neuerlich Hr. von Humboldt gemacht hat. Er fand in dem Oberpfälzischen und angrenzenden Gebirge eine Gebirgskuppe von Serpentinstein, die einen sehr starken Magnetismus zeigte. Sie besteht aus reinem Serpentinstein, meist von lauchgrüner Farbe, der hier und da in Chloritschiefer übergeht. Die Kuppe ist dergestalt gegen die Erdachse gerichtet, daß das Gestein am nördlichen Abhange bloß Südpole, am südlichen Abhange bloß Nordpole zeigt. Das Gebirge hat nicht Eine Achse, sondern viele, die aber nicht in einerley Ebene liegen. Zwischen zwey wirksamen Nordpolen liegt völlig unwirksames Gestein, welches aber weder durch seine äußern Kennzeichen noch durch seine Mischung von dem wirk-

samen

umen zu unterscheiden ist. Jedes noch so klein abgeschlagene Stück des letztern zeigt den Magnetismus und hat seine Pole. Was aber einen sehr wesentlichen Umstand dabey ausmacht, und zugleich beweis't, daß der Magnetismus des Gesteins nicht von fein eingesprengtem Magneteisensteine herrühren könne, ist das: daß diese Steinart, so lebhaft auch ihre Polarität und so stark ihre Anziehung zum Magnete ist, keine Spur von Anziehung gegen unmagnetisches Eisen zeigt, woraus denn auch folgen würde, daß sie dem Eisen nicht den Magnetismus mittheilen kann. Denn es ergiebt sich aus dem folgenden, daß der Magnet das Eisen nur in so fern anzieht, als er ihm den Magnetismus ertheilt. Das eigenthümliche Gewicht dieser Steinart geht von 1,901 bis 2,04, und ist also geringe.

Ueber die merkwürdige magnetische Polarität einer Gebirgskuppe von Serpentinstein, vom Hrn. von Humboldt; im neuen Journal der Physik, B. IV. S. 136. ff.

§. 1427. Die Kraft des Magnets, das Eisen zu ziehen, wird verstärkt, wenn man die Pole desselben sehr glatt abschleift und dünne eiserne Platten, die sich unten in einen dickern hervorstehenden Fuß endigen, daran befestigt. Diese angelegten Platten ziehen nun weit mehr, als der Magnet selbst.

§. 1428. Der auf diese Art vorgerichtete Magnet heißt **gewaffnet** oder **armirt** (armatus), und die Stücke Eisen seine **Armaturen** oder **Panzer**. Um die Stärke der Anziehung des Eisens durch Gewichte bequem auszufinden, dient ein eiserner Stab, der mit seiner platten Seite an die **Füße** oder **künstlichen**

Pole

Pole des Magnets anschließt, und in der Mitte mit einem Haken zum Anhängen der Gewichte versehen ist. Man nennt diesen Stab den Anker.

§. 1429. Die Wirkung des Magnets auf das Eisen nimmt mit der Entfernung ab, und zwar im Verhältniß des Quadrats dieser Entfernung. Herr von Saussure hat durch seine Magnetometer gefunden, daß die Kraft des Magnets gegen das Eisen an verschiedenen Orten veränderlich ist.

Saussure Beschreibung eines neuen Magnetometers; in seinen Reisen durch die Alpen, Th. II. S. 126. ff.

§. 1430. Die Erfahrung lehrt, daß bey gleicher Entfernung die Intensität der Anziehung zwischen Eisen und Magnet dieselbige bleibt, es mag zwischen beyden ein Mittel seyn, welches es will, nur nicht ein solches, das selbst der Mittheilung des Magnetismus fähig ist, als Eisen. Auch im luftleeren Raume bleibt die Anziehung dieselbige.

Hierauf gründen sich allerley Spielereyen und Taschenkünste.

Versuche: Die Magnetnadel wird vom Eisen angezogen, auch wenn sie unter Glas, hinter Messing, Bret, Büchern u. dergl. steht.

Eine unter der Glocke der Luftpumpe im leeren Raume derselbigen hängende Magnetnadel wird durch das äußerlich an die Glocke gehaltene Eisen angezogen.

§. 1431. Der Magnet zieht nicht allein das Eisen an, sondern auch einen andern Magnet. Allein die Pole des Magnets ziehen sich nicht ohne Unterschied an, sondern nur die ungleichnamigen; oder der Nordpol des einen Magnets zieht nur den Südpol des andern, und umgekehrt, und beyde hängen bey der Berührung stark zusammen.

§. 1432

§. 1432. Die gleichnamigen Pole des Mag-
s hingegen, als der Nordpol des einen und der
ordpol des andern, der Südpol des einen und der
üdpol des andern, ziehen sich nicht nur nicht an,
ndern stoßen sich sogar zurück.

§. 1433. Hieraus folgt also das allgemeine Ge-
: **Ungleichnamige Pole der Magnete ziehen sich**
, gleichnamige Pole derselben stoßen sich ab.

Versuche: Der Nordpol des einen Magnets hängt mit dem Südpole eines andern zusammen.

Zwischen dem Nordpole oder Südpole des einen und dem gleichnamigen des andern ist keine Spur von Zusammenhang zu merken, wenn sie sich berühren.

Ein Magnet, der an einer Waage ins Gleichgewicht gebracht ist, wird bey der Annäherung der ungleichnamigen Pole eines andern Magnets herabgezogen, (so wie vom Eisen,) bey Annäherung der gleichnamigen Pole aber in die Höhe gestoßen.

Der Nordpol einer Magnetnadel flieht vor dem Nordpole des Magnets, und geht nach dem Südpole desselbigen zu, der hingegen wieder den Südpol der Magnetnadel abstößt.

§. 1434. Wegen dieser Wirkungen heißen die
ungleichnamigen Pole zweyer Magnete auch **freund-
schaftliche** (P. amici); die gleichnamigen, **feindschaft-
liche** (P. inimici).

§. 1435. Die anziehenden und abstoßenden
Kräfte der magnetischen Materie verhalten sich gera-
de, wie die magnetische Intensität, und umgekehrt,
wie das Quadrat ihrer Entfernungen. Herr **Cou-
lomb** hat dieses Gesetz durch seine sinnreiche magne-
tische Waage bewiesen.

Abhandlung über den Magnetismus, von Hrn. Coulomb; im neuen Journal der Physik, B. II. S. 298. ff.

§. 1436. Das Eisen, besonders der Stahl, ist
der Mittheilung des Magnetismus fähig, und kann
die

die Eigenschaften des Magnets, anderes Eisen zu ziehen, und die Polarität erlangen. Das magnetisch gemachte Eisen oder solcher Stahl heißt überhaupt ein **künstlicher Magnet**, und übertrifft an Wirkung den natürlichen.

§. 1437. Der Magnetismus kann dem Stahl und Eisen auf verschiedene Art durch einen natürlichen Magnet mitgetheilt werden. Schon dadurch, daß eine eiserne oder stählerne Nadel an der Armatur eines natürlichen Magnets eine kurze Zeit hängt, erhält sie das Vermögen, leichtes Eisenfeil zu ziehen, und zeigt an der Spitze, womit sie den Pol des Magnets berührte, den entgegengesetzten Pol des Magnets, oder die Spitze der Nadel wird z. B. zum Südpole, wenn sie an dem Nordpole des Magnets hing. In dieser Mittheilung des Magnetismus liegt auch zum Theil der Grund, daß sich an den armirten Magnete hängenden Bart vom Eisenfeil noch mehreres anlegt, und daß man auf diese Art eine große Menge Eisenfeil schwebend erhalten kann.

§. 1438. Stärker und dauerhafter ertheilt man dem Stahle oder gutem Eisen den Magnetismus durch das Streichen mit dem Magnete. Man hat eine doppelte Art: die eine heißt der **einfache Strich**; die andere, der **Doppelstrich**. Um so etwa in einem eisernen oder stählernen Stabe den Magnetismus zu erregen, so setzt man beym einfachen Striche auf den gehörig fest liegenden Stab einen Pol des armirten Magneten in der Mitte des Stabes auf, und führt

ihn

n nach dem Ende zu ab, setzt ihn in der Mitte des Stabes wieder auf, und fährt so mit einem gelinden Striche mehrere Male fort. Das Ende der geriebenen Hälfte des Stabes wird der entgegengesetzte, der der ungleichnamige, oder der freundschaftliche Pol des nördlichen Magnets, also zum Südpole, wenn man mit dem Nordpole dieses Streichen verrichte. So verfährt man nun auch mit der andern Hälfte des Stabes, setzt den andern Pol des armirten Magnets auf, und streicht damit. Man muß hierbey überhaupt aber nicht die Pole verwechseln, oder rückwärts streichen.

§. 1439. Durch den Doppelstrich (§. 1438.) magnetisirt man den Stahl oder das Eisen, wenn man den armirten Magnet mit seinen beyden Polen der Länge nach auf den Stab aufsetzt, und so der Länge nach mehrere Male von dem einen Ende bis zum andern reibt, und zuletzt den Magnet wieder von der Mitte des Stabes abführt. Das Ende des Stabes, welchem bey diesem Reiben der Nordpol des armirten Magnets zunächst war, wird zum Südpole, und das andere zum Nordpole.

§. 1440. Weiches Eisen nimmt hierbey den Magnetismus leichter an, als hartes, oder als Stahl, verliert ihn aber auch leichter als dieses. Und um ihn in den magnetisirten Stäben zu erhalten, ist es gut, zwey davon so neben einander aufzubewahren, daß ihre freundschaftlichen Pole bey einander liegen und mit einem Anker geschlossen sind.

§. 1441.

§. 1441. Auf eine ähnliche Art macht man die magnetischen Hufeisen, an denen man die Stärke der Anziehung gegen das Eisen ebenfalls durch einen Anker und durch angehängte Gewichte, wie bey dem armirten Magneten (§. 1428.), bestimmen kann.

§. 1442. Auch den Magnetnadeln (§. 142…) wird auf diese Art der Magnetismus entweder durch den einfachen Strich oder den Doppelstrich ertheilt. Sie werden aus dünnem Stahle bereitet, und in der Mitte mit einem recht glatt ausgehöhlten Hütchen von Messing oder Achat versehen, mit welchem sie auf einer feinen Spitze horizontal schweben, und sich frey darauf bewegen können. Ihre Vollkommenheit beruht auf ihrer gehörigen und symmetrischen Figur, auf der Stärke des ihr mitgetheilten Magnetismus, und auf der Freyheit ihrer Bewegung.

Vom Compaß oder der Boussole, seinem Gebrauche und Nutzen.

Eine neue sehr empfindliche Art der Aufhängung der Magnetnadeln vermittelst der starken Fäden der Kreuzspinne hat Hr. Bennet angegeben.

Von einer neuen Art, die Magnetnadel aufzuhängen, von Herrn Bennet; im Journal der Physik, B. VII. S. 355 ff.

§. 1443. Jede Magnetnadel ist, wie das Eisen und der Stahl überhaupt, nur eines gewissen Grades des Magnetismus fähig, der nicht überschritten werden kann, so stark auch die Magnete sind, womit man sie magnetisirt.

§. 1444. Eben so hat Herr Coulomb gefunden, daß bey einer Magnetnadel die Summe der Kräfte, welche die Nadel oder einen Theil davon gegen Norden

n sollicirt, genau gleich ist der Summe der Kräfte, elche die Nadel oder ihren Theil gegen Süden sol- itirt.

Coulomb a. a. O., S. 300.

§. 1445. Er hat ferner entdeckt, daß bey Mag- etnadeln von verschiedenen homologen Dimensionen, ber von einerley Natur, wenn sie bis zur Sättigung agnetisirt worden sind, sich die Momente der diri- irenden Kräfte wie die Würfel der homologen Di- ensionen verhalten.

Coulomb a. a. O., S. 309.

§. 1446. Eine Magnetnadel wird durch das Magnetisiren nicht schwerer und leichter, als sie vor em Magnetisiren war.

§. 1447. Die Magnetnadeln und der Magnet ichten sich aber in den wenigsten Fällen genau nach Norden, und die Polarität derselbigen gilt nur mit Einschränkung. Wir finden vielmehr, daß die Mag- netnadel an den meisten Orten auf der Erde sich von der wahren Richtung der Mittagslinie entweder nach Westen oder nach Osten zu mehr oder weniger abwendet, und daher der **magnetische Meridian** nicht mit dem **wahren Meridiane** immer überein- stimmt. Der Winkel, welchen sie auf diese Art mit der wahren Mittagslinie macht, heißt die **Abwei- chung** oder **Declination der Magnetnadel** (Decli- natio s. Variatio acus magneticae).

§. 1448. Die Abweichung der Magnetnadel ist an den verschiedenen Stellen der Erde verschieden.

Es

Es giebt einige Stellen, wo die Abweichung gar nicht Statt findet, oder wo die Richtung der Achse der Nadel mit der Mittagslinie des Orts genau zusammenfällt; andere, wo die Nadel westlich; andere, wo sie östlich abweicht. Aus mehrern Beobachtungen hat man Karten entworfen, worauf diese Abweichungslinien der Nadel gezeichnet sind (Declinationskarten).

§. 1449. Eine solche Linie auf der Erde, auf welcher die Magnetnadel nicht abweicht, geht von dem südlichen Theile des großen indischen Meeres, um Neuholland, durch die philippinischen Inseln, das südliche China und durch Asien, vermuthlich bis in das Eismeer zwischen Nova Zembla und Spitzbergen. Eine andere solche Linie, auf der keine Abweichung der Nadel Statt findet, geht durch das äthiopische Meer und einen Theil des atlantischen Meeres, bey dem Cap St. Augustin in Brasilien vorbey, und nahe an den Bermudischen Inseln, endlich in die nordamericanischen Länder. Von dieser letztern Linie an ist auf der Erde nach Osten zu die Abweichung der Magnetnadel westlich. Diese ist also in ganz Europa, in Africa, in dem östlichen Theile der nordamericanischen Länder, und in dem südlichen Theile des westlichen Asiens westlich. Die Abweichung nimmt von jener Linie an immer mehr und mehr zu, bis im Oceane westwärts von Großbrittannien, und ostwärts dem Vorgebirge der guten Hoffnung, wo sie 1770 am größesten war, nämlich 25°. Von hier an nimmt die Abweichung der Nadel immer mehr und mehr ab, je weiter man nach Osten zu kommt, und wird im-

mer

Digitized by Google

er kleiner, bis sie sich an der ersten erwähnten Linie
one Abweichung ganz wieder verliert. Von dieser
nie an ostwärts fängt die Abweichung an, östlich zu
erden, und nimmt immer mehr und mehr zu. Die
öβte östliche Abweichung von 25° ist unterhalb der
dlichen Spitze von America. Von hier an nimmt
ie östliche Abweichung wieder ab und verliert sich
ndlich auf der angezeigten zweyten Linie ganz.

Berliner astronomisches Jahrbuch für 1779.

§. 1450. Selbst ist aber auch an einerley Orten
ie Abweichung nicht zu allen Zeiten dieselbige, son-
ern leidet Veränderungen, (Variatio declinationis).
Nach lange fortgesetzten Beobachtungen zu Paris hat
nan gefunden, daß die Nadel vor dem Jahre 1666
östlich abwich; im Jahre 1666 hatte sie keine Abwei-
chung. Seit dieser Zeit fing sie an, immer mehr
und mehr westlich abzuweichen, und im Jahre 1783
betrug diese westliche Declination 21° 4'. Jetzt
scheint die westliche Abweichung daselbst wieder abzu-
nehmen. Man sieht hieraus leicht, daß die Decli-
nationskarten nicht für immer dienen können. —

§. 1451. Aber die Zunahme der Abweichung
der Nadel an einem und demselbigen Orte ist eigentlich
oscillirend, wie Herr Cassini durch seine genauern Be-
obachtungen gefunden, und hat keinen constanten
progressiven Gang, so daß es ein tägliches, monat-
liches, und jährliches Maximum und Minimum die-

 ser

ser Abweichung giebt, welches zu verschiedenen Z... ten gar sehr verschieden seyn kann, und woraus gleich erhellet, wie unzuverlässig es ist, durch ... Beobachtung die mittlere Declination der Nadel ... einen Ort bestimmen zu wollen.

Abweichung und Variation der Magnetnadel auf dem ... Observatorium zu Paris seit 1667 bis 1791 bei... Von Herrn Cassini; im Journal der Physik, ... S. 418. ff.; B. VIII. S. 433. ff.

§. 1452. Wenn auch die Magnetnadel so ... beitet war, daß sie vor dem Streichen mit dem ... nete völlig waagerecht auf der Spitze schwebte, ... det man doch, nachdem sie magnetisirt worden ... daß sie ihr Gleichgewicht in etwas verliert und ... mit der einen Spitze unter den Horizont neigt. ... Winkel, welchen die dazu eingerichtete Nadel ... der Horizontallinie macht, heißt die **Neigung** ... **Inclination** der Magnetnadel (Inclinatio acus ... gneticae.)

§. 1453. Um die Magnetnadel so aufzuhängen, daß sie die Inclination ungehindert zeigt, dient ... gewöhnliche Einrichtung mit dem Hute nicht, ... dern sie wird vielmehr mit Zapfen versehen, ... welchen sie in der Mitte eines Ringes hängt. (... **gungsnadel, Neigungscompaß**) Um die ... gung gehörig zu bemerken, muß die Nadel auch ... gleich im magnetischen Meridiane stehen. De... wenn ihre Achse nicht im magnetischen Meridiane ... so sind die Neigungen größer, und wenn sie den ...

gne...

etischen Meridian rechtwinklig durchschneidet, so
ht sie gar völlig lothrecht, wenn sie anders gut und
n genug gearbeitet ist.

Wolfs nützliche Versuche, Th. III. Kap. 4. §. 61. Recueil des pièces sur les boussoles d' inclinaison, à Paris 1748. 4. Branders und Höschels Beschreibung des magnetischen Declinatorii und Inclinatorii, Augsb. 1779. 8.

§. 1454. In dem größten Theile der nördlichen
halbkugel unsrer Erde ist es der Nordpol der Magnetnadel, der sich gegen die Horizontalebene neigt. Diese Neigung ist nicht an allen Orten gleich stark, und nimmt zu, je weiter der Ort vom Aequator absteht, oder je größer seine Breite ist. In der südlichen Hälfte unserer Erde macht die Spitze des Südpols der Magnetnadel die Neigung, und diese nimmt ebenfalls nach Verhältniß der Breite des Orts zu. Sonst ist die Inclination der Nadel, so wie ihre Declination, mancherley zufälligen Veränderungen unterworfen.

Beobachtungen neuerer Zeiten über die Größe der Neigung der Nadel hat Herr Cavallo in einer Tabelle zusammengestellt: Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Magnete, mit eigenen Versuchen, von Tiber. Cavallo, aus dem Engl. Leipz. 1788. 8.

§. 1455. In Eisen und Stahl kann der Magnetismus auch ursprünglich hervorgebracht werden, ohne Beyhülfe eines natürlichen oder künstlichen Magnets, und also ohne Mittheilung des Magnetismus. Man hat gefunden, daß eiserne Stangen und Stifte, wenn sie eine Zeit lang in lothrechter Stellung aufge-

aufgestellt wurden, wenigstens Polarität zeigten, um mehr, wenn sie im magnetischen Meridiane unter einem Winkel gegen den Horizont geneigt standen, wie es die Inclinationsnadel angiebt. Das untere Ende eines solchen Stabes stößt den Nordpol der Magnetnadel, und zieht den Südpol. Es ist also selbst ein Nordpol. Die Polarität ist aber nur von gar kurzer Dauer und verliert sich bey einer horizontalen Stellung bald wieder. So kann man auch augenblickliche Polarität in einer eisernen Stange zuwege bringen, wenn man sie lothrecht in der Hand hält, und mit einem Hammer oder Schlüssel von einem Ende der Stange bis zum andern Ende sanft klopft. Das untere Ende wird der Nordpol, das obere der Südpol. Durch Umkehren der Stange und neues Anschlagen kann man die Pole leicht wieder verwechseln. Eiserne Werkzeuge, womit man kaltes Eisen bohrt oder schneidet, werden an der Spitze oft magnetisch; desgleichen zeigt das Eisen Polarität, wenn es glühend im kalten Wasser abgelöscht ist oder gewaltsam zerbrochen wird. Durch die electrischen Funken hat man magnetische Kraft in dem Eisen entstehen, durch stärkere sie aber auch wieder verschwinden sehen.

§. 1456. Außer mehrern von Herrn Knight, Mitchell, Canton, Ingenhousz, ausgefundenen Methoden, den Magnetismus im Eisen ursprünglich zu erregen, hat besonders Herr Antheaulme eine Methode bekannt gemacht, nach welcher man leicht und be-

quem

iem den Magnetismus im Eisen ursprünglich erwe-
:n und sehr stark machen kann.

Knight, in den philos. transact. Vol. LXIX. S. 51. ff. A Treatise of artificial magnets, by J. Mitchell, Lond. 1750. 8. Canton, in den philos. transact. Vol. XLVII. S. 31. ff., und übersetzt im Hamburg. Mag. B. VIII. S. 339. Jngenhousz vermischte Schriften, B. I. S. 409. ff. Mémoire sur les aimants artificiels, qui a remporté le prix de l'acad. de Petersb., par Mr. Antheaulme, à Paris 1760. Karstens Entw. der Naturwissenschaft, §. 1583. ff.

§. 1457. Der natürliche Magnet so wohl als :r künstliche verliert seinen Magnetismus gänzlich urch das Glühen im Feuer und durch das Calcini- :n. So wird auch dem Stahle oder Eisen der Ma- netismus durch starkes Werfen, Krummbiegen, oder urch Rückwärtsstreichen bald wieder geraubt. Wie ian in den magnetisirten Stäben den Magnetismus auerhaft erhalte, das habe ich oben (§. 1440. schon ngeführt. Eben so bewahrt man auch am besten rmirte Magnete oder magnetische Hufeisen auf, in- em man sie paarweise mit ihren freundschaftlichen Po- :n an einander legt.

§. 1458. Noch ist hier folgendes, von Herrn Brugmans entdeckte, Phänomen beym Streichen ines Stabes von Eisen oder Stahl mit dem Magnete, u erwähnen. Jn jedem Stabe, er sey von Eisen oder Stahl, AC (Fig. 176.) giebt es zwey Puncte M und N, die so beschaffen sind, daß, wenn man bey ihnen mit dem Streichen eines starken Magnets,

womit

womit man an einem Ende, wie in A, angefan[gen] hat, aufhört, bald in A, bald in C keine magne[ti]sche Kraft hervorgebracht wird. Wenn man näm[lich] nur bis M gestrichen hat, so wird in A kein Ma[gne]tismus erscheinen; streicht man bis N, so wird er [am] andern Ende C mangeln, ob man gleich, wenn m[an] dies- oder jenseits der Puncte M und N mit Strei[chen] aufhört, einen bemerkbaren Magnetismus an b[ey]den Enden hervorbringt. Herr Brugmans nenn[t di]e Puncte M und N Indifferenzpuncte, weil die En[den] der Stäbe, die bis dahin gestrichen werden, auf b[ey]de Pole einer Magnetnadel ohne Unterschied, (indiffere[nt]) wirken, und beyde mit gleicher Leichtigkeit anzie[hen].

Philosophische Versuche über die magnetische Materie [u. de]ren Wirkung in Eisen und Magnet, aus dem [La]t. des Herrn Anton Brugmans übersetzt herausgegeben [von] Christ. Gotth. Eschenbach. Leipzig 1784. 8. S. 70. ff.

§. 1459. Herr van Swinden, der die [Theo]rie der Indifferenzpuncte des Herrn Brugmans [mit] sehr vielem Scharfsinne untersucht hat, setzte zu [die]sen Indifferenzpuncten noch einen culminirend[en] Punct, mit dem es folgende Bewandtniß hat. [Wenn] man das eiserne Stäbchen AC mit dem Pole [eines] Magnets, z. B. mit dem Nordpole, von A na[ch C] streicht, so erscheint im Anfange in A der S[üdpol] und in C der Nordpol, dessen Kraft immer zunim[mt,] indem man den Magnet durch einen bestimmten Ra[um] von A fortführt. Es ist aber ein Punct in dem S[täb]chen AC von der Eigenschaft, daß, wenn der Mag[net]

n[a]

n Ende A bis dahin geführt worden, alsdann das
aximum der nördlichen Kraft an dem Ende C beob-
ntet werde. Diesen Punct nennt Herr van Swin-
n den culminirenden Punct (Punctum culminans),
il, wenn man diesseits oder jenseits dieses Punctes
it Streichen aufhört, die Polarkraft am Ende C
iemal schwächer ist. Herr van Swinden zeigt durch
ne Versuche, daß die drey Puncte, nämlich der
ilminirende Punct und die beyden Indifferenzpunc-
, nicht nur von der Länge und Dicke des eisernen
Drahtes oder Stabes, sondern auch von der Härte
es Eisens und der Stärke des Magnets abhängen.

Brugmans a. a. O. S. 81. f. Tentamina theoriae mathematicae de phaenomenis magneticis. Specimen I. fistens principia generalia ad novam punctorum indifferentiae et punoti culminantis theoriam. Franequ. 4. mai.

Ueber die magnetische Intensität jedes Punctes einer Magnetnadel hat Herr Coulomb sehr lehrreiche Erfahrungen angestellt.

Coulombs oben (§. 1435.) angef. Abhandl.

§. 1460. Jede Theorie über den Magnetismus ist bis jetzt unzureichend gewesen. Noch sind unsere Kenntnisse über die Erscheinungen selbst nicht weit genug vorgerückt, und die Thatsachen selbst noch nicht genugsam vervielfältigt, um darauf ein Lehrgebäude errichten zu dürfen.

* * *

Petri van Muschenbroek dissert. physica experimentalis de magnete; in seinen *diss. phys. et geom.* S. 1. ff. *Leon.*

Leon. Euleri opusculor. T. III. continens novam theor… magnetis. Berol. 1751. 4.

Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, a… *F. V. T. Aepino.* Petropol. (1759.) 4.

Herrn Anton Brugmans Beobachtungen über die Ver… schaften des Magnets, aus dem Lat. von C. G. E… bach. Leipz. 1781. 8.

Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom M… te, mit eignen Versuchen, von Tiberius Cavallo, aus… Engl. Leipzig 1788. 8.

Vom Ursprunge der magnetischen Kräfte, von Hrn. P. P… vost, aus dem Franz. von Dav. Lud. Bourguet. … 1794. 8.

Regist…

Register.

: Zahlen bedeuten die Paragraphen, N. bedeutet die Note.

A.

al, electrischer 1391
süßen 267
siden linien aller Planeten u. ihre Beweg. 271. N. Ab-weichung der Magnetnadel 1447 f. Abweichungslinien derselben 1448 ff.
cetum lythargyri. Acetite de plomb. 1117. N.
cida. Acides. 864. Acidum oxalicum 1161. borussicum 1176
ctio corporis, actio in corpus 104. N.
derhaut des Auges 752
eolipila 588
epfelsäure 864. 1135. 1163.
epfelwein 1189
equilibristenkünste 281
es 1073. N.
ether, unter der Luftpumpe 138. N. beym Lichte, und Eulers 798 u. N.
ethiops, per se 1116. N. martialis 1119. N.
ffinitas synthetica 174. electiva simplex 176
ggregatio 115
laun 895. 971
launerde 905
Alkali, Alcalien 874 ff. Charakter derselb. 874 f. ätzende 876. Arten derselb. 877. flüchtiges 882. als Auflösungsmittel für Schwefel 981. alcalia caustica, volatilia 876 ff.
Alcannatinctur 743. N. rothe, als Reagens für Alcalien 875
Alcohol, Aufsteigen desselben in Haarröhrchen 157. N. eigenthüml. Gewicht desselben 368. Gewicht desselben b. Vermisch. m. Wasser 369. N. 3. 1192. Charakter u. Phänom. desselb. 1193 ff.
Alcoholometer 364
Alumine 118. 905
Amalgama 1116. N.
Ameisensäure 1174. 1184
Ammoniak 882-885. kohlensaures 957. phosphorsaures 1037. salzigtsaures 1051. bey Pflanzen 1144. bey d. Fäulniß 1214. 1217
Ammoniakgas 882-885. 957. 1000. Ausdehnung desselben durch Wärme 562. N.
Amylum 1157
Analysis 115
Anamorphosen, catoptrische 691. dioptrische 703
Anatom. Heber, Wolfs 317 N.
Anker des Magnets 1428
Angulus incidentiae, reflexionis 304. N. 669. refractionis, refractus 693. opticus, visorius 766

Anti-

Antimonium diaphoreticum 1126 N.
Antiphlogistisch. System 841
Antlia, aspirans suctoria 409. vinopolarum 410. pneumatica 424
Anziehungskraft 39 f.
Apparat, physischer 13. zur Bestimmung der Länge des Secundenpenduls 260. N. pneumatisch-chemischer 608 f. zur Wasser- und Säureerzeugung 921 u. N.
Aqua regis 1060
Archimedeisch. Probl. 369. N.
Arbor Dianae, A. Saturni, A. Iovis 1105. N.
Area 101. N.
Areometer 360. mit Scalen 360. Fahrenheitisches, Ciarcy'sches, Nicholsonsches 365 f.
Argent., fulminans 1115. N. vivum 1116
Argilla 905
Arm des Menschen als Hebel 283. N.
Armatura 1331. 1428. Armatur des Magnets 1428
Arsenik 118. 1067. Verdampfung desselben. 580. N. Charakter desselben 1124. weißer 1124. N.
Arsenikkalk, Arsenikmetall 1124 u. N.
Arseniksäure 864. 870. 872. 1124
Asche, und Gewächsalkali derselben 1146
Athmen, Mechanismus desselben 410
Atmosphäre 829. electrische 1254. 1307. 1313
Atome
Atomistisches System
Attraction
Aufbrausen 190.
Aufhängungspunct
Auflösung 179 ff. auf nassem und trockenem Wege partielle, totale 189. Gasarten
Auflösungsmittel
Auge, Beschaffenh. u. desselben 74
Augapfel, Augenhöhl., Augenlieder, Augen 74
Augenglas
Augenmaaß
Augennerve
Aurum fulminans 111
Ausdehnung
Ausdünstung 598 der schen 627. unmerklich Wassers
Auslader, electrischer, ly's allgemeiner 133
Auslaugen der Asche
Australerde 118. 892.
Austrocknen d. Pflanz.
Axis in peritrochio
Axungia
Azote

B.

Bärlappsaamen, Wirk desselben 151.
Bahn der Körper 65. bolische geworfener rer Körper
Balancierkünste
Balsam, natürlicher 115
Barometer 395 ff. förmiges 397. genaue richtung desselben 39

Norlands schief liegendes
01. Bernoulli's recht-
winkliges 401. Leuchten
desselben 1388
rometerprobe, gewöhnli-
che 433. heberförmige 434.
roskop 395
ryte 906
se acidifiable, acidi-
fiant 865
asis, ponderabele 135. bey
Dämpfen 591 f. bey Gas-
arten, s. jede unter ihrem
Buchstaben
atterie, electrische 1346
aumöhl, Phänomen dessel-
ben 974
edeckungen des Objectivgla-
ses 781
elegung, bey der Electri-
cität 1331 f.
Benzoeblumen 1164. Ben-
zoeharz 1164
Benzoesäure 864. 1135. 1164.
Beobachtung 11
Berlinerblau 1119. N. 1176.
Bernstein, Phänomen dessel-
ben 1229
Bernsteinsäure 864
Beschlagen der Gebäude 944
Bestandtheile 112. nähere,
entferntere 116. nähere,
unmittelbare der organi-
schen Körper 1134. der
Pflanzenkörper 1135 ff.
d. thierisch. Körp. 1173 ff.
Beugung des Lichts, s. Licht.
Bewegung, absolute, rela-
tive 56. eigne, gemein-
schaftliche 59. wirkliche,
scheinbare 60. N. krumm-
linige 67. gleichförmige,
veränderte oder ungleich-
förmige; verminderte, be-
schleunigte; gleichförmig-,
ungleichförmig-beschleunig-
te; gleichförmig-, ungleich-
förmig - verminderte 72.
einfache 81. zusammenge-
setzte 86. Gesetz der zu-
sammengesetzten 87. gera-
de, schiefe 93. geradlini-
ge, krummlinige 96 f. Cen-
tral- 99 Kreis- 101. N.
Größe derselben 105. 108.
Zeit derselben 69
Bewegungspunct 282
Bewegungslehre, reine 54 ff.
Bier 1189
Bierwaage 360
Bild des Gegenstandes bey
Spiegeln, s. Spiegel 682 ff.
bey erhabenen Gläsern
711 f. mathematisches,
physisches 715
Bildung der Krystalle, orga-
nischer Körper 144 u. N.
Bildungstrieb, Blumenbachs
144 N.
Billard 95. 305
Birnprobe, Smeatons 437
Bittererde, Bittersalzerde
903. N.
Bittersalz 971
Blase, Zerreißen derselben
bey der Luftpumpe 386. N.
439. Aufschwellen derselb.
durch Hitze 563. N.
Blasebalg, Füllen desselb. mit
Luft 410. Wirkung des-
selben 828
Blausäure 864. 870. 1176
Blaue Stärke 1125. N.
Bleichen der Leinwand und
Baumwolle 1055

Blen-

Blendung, im Auge 753. in Fernröhren 781
Bley 118. 1067. Charakter desselben 1117
Bleyasche 1117 u. N.
Bleybaum 143. N. 1105. N.
Bleyessig, Bleyglätte, Bleyglas, Bleykalk, Bleyzucker 1117. N.
Blumen, chemische 143. N.
Bologneserflaschen 127. N.
Boracit 1066. zeigt Electricität 1390 u. N.
Borax 1065
Boraxsäure 864. Radical derselben 912. 1065 f.
Boussole 1442. N.
Bouteillen, Schwimmen derselben 348. N.
Branntwein 1191
Branntweinwaage 364
Braunschw. Grün 1118. N.
Braunstein, als Bestandtheil des Sauerstoffgas 831 f. roher, Braunsteinmetall 1127 u. N.
Brechbarkeit, Brechung des Lichts; s. Licht, Lichtstrahlen.
Brechungssinus 697
Brechungsverhältniß 697
Brechungswinkel 693
Brechweinstein 1126. N.
Breite 31
Brennbares Wesen; siehe Brennstoff.
Brenngläser 817. Tschirnhaus., Troudainische 819
Brennpunct 673. eingebildeter 676. bey Linsen 707. 714. Entfernung desselben practisch zu finden 710. Ursach der Benennung desselben 817 f.
Brennspiegel 817 f. ... tische, Tschirnh...
Brennstoff 118. ...
Brennweite 673. ...
Brenzlicher Geruch ... schmack bey Pflanz...
Brillen
Bronze
Brunnen, Wirkung ... türlichen 394. ... 394. Sturms ... render
Bulbus oculi
Butyrum stanni ... antimonii
Butter

C.

Cacholonge, zeigen ...
Calcinatio
Caloricum. Calorique
Calx, viva, usta ... plumbi grysea ...
Calorimeter
Cambria
Camera clara, ... lerische
Camera obscura, ... Porta, optische, ... tragbare
Caoutchouc
Carbone ...
Carbures metalliques
Carmin, blauer ...
Cartesian. Teufelchen ...
Cathetus incidentiae
Centralbewegung, sch... Körper 270 ff. der ... melskörper
Centralkräfte 100. Cen... petalkraft 99. 270 f. ... derselben 100. Centri... galkraft 100. Wirk... derselben beym Pendel

trum , virium 95.
[o]scillationis 257. gra-
[vi]tatis 272 f. motus 282
[Cr]ussa, alba, citrina
1117. N.
[Ch]alybs 1119. N.
[Ch]amäleon, mineral. 1127. N.
[Ch]aux 118. 900
[Ci]chorienwurzel, entzündet
[si]ch 849
[Ci]er 1189
[Ci]rkelkreis 752
[Ci]neres clavellati 1146
[Ci]rconie 118. 909
[Ci]rculus osculat. 101. N. 18
[Ci]tronensäure 1135
[Co]chenille 44. N.
[Co]härenz 146 ff.
[Co]häsion 146 ff. Gesetz der-
selben 149
[Co]lla 1155
[Co]llectivglas 819
[Co]llector, electrischer 1384 f.
[C]ombustio 823
[C]ompaß 1442. N.
[C]omposit. d. Färber 1120 N.
[C]ompressionspumpe 413
[C]ondensator, electr. 1376 ff.
[C]onductor, non condu-
[c]tor 1236
[C]ongelatio 576
[C]onspiriren 90
[C]ontinuum 42
[C]ontractilität 126
[C]onvergenz; s. Lichtstrahlen.
[C]opernicanische Weltordnung
271 N.
Corpora, solida, liquida,
fluida, expansibilia 122.
rigida 124. ductilia, fra-
gilia 125. lucentia 641
opaca, transparentia,
diaphana, pellucida 642.
volatilia, fixa 600. sono-
ra 449. anelectrica, idio-
electrica 1236. 1241
Corpuscularisten 798. N.
Crocus Martis 1119. N.
Crownglas 788 f.
Cucurbitula scarificat. 410
Culminirender Punct, beym
Magnetismus 1459
Curcumatinctur 743 N.
Cuprum ammon. 1118 N.
Cykloide 255
Cylinder, Muschenbröckische
147. N. Schwerpunct der-
selben 274. Hinaufsteigen
desselben auf einer schiefen
Ebene 281. klingende 467
Cylindermaschinen, bey der
Electricität 1257

D.

Dammerde 1227 f.
Dampf, Dämpfe 136. 370 f.
578. Ursprung und Theo-
rie desselben 579 f. abso-
lute Elasticität desselben
584 f. Gewalt des einge-
schlossenen 586. Zersetzung
derselben 599
Dampfbildung 578 ff.
Dampfblasen 590
Dampfkugel 588
Dampfmaschine, Watts und
Grens 588
Dasymetrum 445
Declinatio acus magneti-
cae 1447
Declinationskarten 1448
Desoxidation, Desoxidirung
842. bey Metallen 1085
Destilliren 599
Destillirapparat des Lavoi-
sier 611

Detonatio 1022
Diabetes 394
Diagonalmaschine, Eberhards 87. N.
Dianenbaum 143. N.
Diaphonometer 661 N.
Dicht, vollkommen, absol. 47
Dichtigkeit 48. Regeln derselben 52
Diffractio lucis 747
Digestor Papini 588
Directe 93. directio 66
Distantia focalis 673
Distanzen, mittlere 101 N.
Divergenz; s. Lichtstrahlen.
Divergiren 90
Dörren der Pflanzen 1136
Doppelbarometer, Huygensches, Hooksches, de la Hire'sches 401
Dreyeck, Schwerpunct desselben 274
Druckpumpe 413
Dünger 1228
Dunkelheit 640
Dunst; s. Dampf.
Duplicator, electrischer 1386
Dura mater 751
Durchsichtigkeit 745
Dynamisches System 46 f.

E.

Ebbe und Fluth 271. N.
Ebene, horizont. 197. schiefe, geneigte, inclinirte 228 f.
Echo, einsylb., vielf. 484 f.
Ecliptik, Abnehmen d. Schiefe derselben 271. N.
Edelgesteine, künstliche 1078
Effervescentia 190. 606
Eimer voll Wasser, Versuch damit 281
Einäschern, d. Pflanzen 1138
Einfallsloth 663. ...
fallspunct 693. ...
sinus 657. ...
kel
Eintauchen der ...
Flüssigkeiten
Eis 144. N. ...
wicht desselben ...
wandlung desselb ...
bar, flüssiges ...
schmelzendes, ...
Gefrierpunctes ...
selben 619. ...
desselben im ...
Phänomene und ...
sation desselben ...
ringeres Gewicht ...
als des Wassers ...
thauen desselben
Eisapparat
Eisen 144. N. 1067. ...
desselben 1119. ...
ges, schwefelsaures ...
saures ...
Eisenfeil, Phän ...
magnetische Phän ...
selben
Eisenkalk, vollkommen ...
vollkommener. ...
Eisenvitriol ...
116. N ...
Eisenstein, magnetisch ...
Elasticität 126. ...
Fluidi 403. der ...
senen Luft durch ...
vermehrt
Elasticitätszeiger, ...
Elastisches Harz ...
Elaterometer, für ...
404. 432. ...
Electricität 1230 ff ...
theilte, ursprüngliche ...
Quantität der mitge...

1246. Intensität derselben 1254. entgegengesetzte 1284 ff. Gesetze derselben 1301 ff. gleichartige, zeigt Abstoßen 1302 ff. ungleichartige, zeigt Anziehen 1305 ff. Mittheilung, Vertheil. ders. 1310 f. Theorie entgegengesetzten 1313 ff. Franklins, dualistisches oder Symmers System derselb. 1313 ff. natürlicher, positiv u. negativ electrischer Zustand derselben 1313 f. verstärkte 1328 ff. Phänomene der verstärkten 1347. Erscheinungen derselben im luftleeren Raume 1387 b. 1389. einige besondere Arten derselben 1390 ff. Galvani's thierische 1403 ff.
Electricitätssammler 1384
Electricitätsträger, beständiger 1354
Electrisch, electrisirt 1230. electrisiren 1241. negativ-, positiv-electr. 1313. 1348 f.
Electrische Materie 1229 ff. Bemerkungen über d. Natur und Zusammensetzung derselben 1408 ff. ist imponderabele Subst. 1409 f. ist expansibel. Fluid. 1411 f. ist Lichtmaterie 1414 f.
Electrisch. Fluid. 1230. 1407. Quantität, und Coulombs Gesetze desselben 1248
Electrisirmaschine 1256 ff. wesentliche Theile derselben 1256. verschiedene Arten derselben 1257 N.
Electrometer, verschiedene Arten desselben 1304
Electrophor 1354 ff. Theile desselben: Kuchen, Form, Teller, Schüssel, Deckel, Trommel, Conductor, Basis 1355 ff. Versuche und Phänomene dess. 1360 ff.
Elemente 116. N. der Peripatetiker 118. N.
Elementarwelt 328 N.
Ellipse 101. N. 674
Elongationswinkel 246
Email 1078. 1120. Emailmahlen 1078
Emanationssyst d. Lichts 798 f.
Embolus 425
Empyreuma 1137
Endgeschwindigkeit 74 f. 217 f.
Engyscopium 776
Entbindungsflasche bey Gasarten 611
Entfernungen der Gegenstände beym Sehen 770 ff.
Entzündlicher Grundstoff; s. Brennstoff.
Entzündung; s. Verbrennen.
Erdachse, Wanken derselben 271. N.
Erden 890 ff. einfache u. deren acht Arten 891. 892. alkalische, absorbirende 893. Erden und Steine, eigenthümliches Gewicht derselben 368
Erderschütterungen, Ursach derselben sind Dämpfe 586
Erdharze, eigenthümlich Gewicht derselben 368
Erdrohr 784
Erfahrungen 10 ff.
Erhitzung und Erkältung der Körper 527. Richmannische Versuche darüber 533

Erklärungen 16 f. analogische 18. Regeln derselben 19 f.
Erklärungsart, hypothetische, categorische 16
Erleuchtung 640. Stärke derselben 655
Erscheinungen 5 — 10
Erschütterungsversuch, electr. Erschütterungsflasche, Leidner, Kleistische 1329. Erschütterungskreis 1334
Erze 1106. eigenthümliches Gewicht derselben 368
Essig 1198. destillirter 1204. radicaler 1205 N.
Essigfermente 1202
Essiggährung 1186. Theorie derselben 1198 ff.
Essigmutter 1199. Essignaphtha 1196
Essigsäure 864. 1143. 1203 ff. reine, concentrirte 1204 f.
Eudiometer 850 f. Guytonsches 988
Evaporatio 598
Exhalatio 598
Expansibilität, Expansivkraft; s. Körper.
Experimentum 11
Explosion, electrische 1351
Ey, sinkt im Wasser, schwimmt in Salzsoole, schwebt in der Vermischung von beyden 338. N.
Eyweißstoff 1135. 1158. bey Thieren 1174. Charakter desselben 1180

F.

Fällung, Fällungsmittel 191 f.
Fäulniß 1186, 1212 ff. eigentliche 1214 f.

Fall, der Körper 196. ... der schweren Körper ... sen Gesetze 212 ff. ... schiefen Ebene 223 ... krummer Linie ...
Fallhöhe 214 f. Be... derselben durch das ... 21...
Farben, beym Prisma ... Theorie u. Phänomene ... selb. 716 ff. vermisch... sammengesetzte 739. ... änderung ders. durch ... änderung d. Mischung ... Charakter derselb. be... pern 814. ungleich... wärmung verschieden... gefärbter Körper ... Sonnenfeuer ...
Farbenbild ...
Farbentheor., Newtoni...
Faserstoff, bey Thieren ... Beschaffenheit dess. ...
Federharz 1135. Cha... desselben ...
Federkraft ...
Fenster, Gefrieren ... 144. N. Schwitzen ... ben ...
Fermentatio, vinosa, ... da, putrida 1186. ... mentum ...
Fernambuctinctur 74...
Fernröhre, achromatische ... 787 f. Dioptrische, ... dioptrische 780 f. ... disches, Galileisches ... Keplerisches 783. ... 784. Dollondisches 78...
Ferrum, cusum, ductile ... crudum ...
Festigkeit ...

e thierische, eigenthümliches Gewicht derselben 368. Beschaffenheit derselben 1174. 1179
, propagé, gené 615.
ortatif 1036
chtigkeiten des Auges 750. 755 f.
er 799 f 816
erfontaine 563. N.
ermaschine, Watts und Ørens 588
ur 31
der, beym Newtonschen Spiegelteleskop 793
sterniß 640
h, Aufsteigen und Niedersinken desselben im Wasser 348. N.
chbeinhygrometer 947
che, eines reflectirenden Körpers, ebene, krumme, concave sphärische reflectirende 671 f. convexe reflectirende sphärische 676 f.
ichenraum 101. N.
amme, und ihre verschiedenen Farben 845 und N. bey Pflanzen 1138
ische, von elastischem Harze 408. N. belegte electrische 1331
aschenzug 294
atterruß 1139
iehkraft 271. N 12
intglas, bey Fernröhren 788 f. eigenthümliches Gewicht desselben 368. Brechungsverhältniß desselben 697
lotter und nager, Unterschied dabey 348 N.
luor mineralis 1064
Fluß 1064. Flüsse, chemische 574
Flüssigkeiten, strahlende 133. tropfbare, Ausdehnung derselben durch Wärme 588 f. elastische Ausdehnung ders. durch Wärme 561. convexe und concave Fläche derselben 152. N 153. N. 163 Herabfließen u. Nichtherabfließen derselben von der Wand eines Gefäßes 164 u. N. Aufsteigen ders. in Löschpapier, Schwamm u. andern K. 166. Durchfließen ders. durch Löschpapier, Filz u. dergl 166. Hinderniß daran 166 stehen in den Haarröhrchen tiefer als auswendig 167 u. N gleichartige, allgem. Satz ders 313. spirituöse, eigenthüml. Gewicht ders. 368. schwere expansibele od. elast 370 ff. saure, beym Holze 1143
Flußsäure 864. Radical derselben 912
Flussigtsaures Gas 1062
Flußspath 1061. natürliches Leuchten desselben 1064
Flußspathsäure 1061 f.
Flußspathsaures Gas 1062
Focus 673
Folgerungen 10
Follis hydrostaticus 317 N.
Fontainen 316 N.
Fonticulus compressionis 414
Form, der Materien 122 ff. der Aggregation 122
Fossilien, primitive Formen derselben 145 u. N.

Fraterna caritas 394
Friction 228. N.
Frosch, electrische Versuche damit 1392 ff.
Frostpunct, beym Thermometer, künstlicher 501. natürlicher 502
Fulcrum 282
Fuligo 1139
Fundamentalabstand, beym Thermometer 501
Fundamentalelectrometer 1304. N.
Funken, scheinbare beym Auge 797. Feuerfunken 823. electrische 1249. 1322
Fusio 569

G.

Gährung 1185. weinigte, saure, fauligte 1186. des Brotteiges 1211. faulende, Theorie und Phänomene derselben 1212 ff.
Gährungsmittel 1190
Gäsch 958. 1188
Gallerte 1174. 1178
Gallussäure 864. 1178
Galmey, krystallisirtes, zeigt Electricität 1390
Ganzmetalle 1069
Gas, Gasarten, luftförmige 136. 370 f. 601. Ausdehnung derselben durch Wärme 562. Bestandtheile derselben sind Basis und Wärmestoff 602. Verschiedene Arten, s. jede unter dem Buchstaben ihrer Stoffe, schweres brennbares 1141. bey der Fäulniß 1218. 1221 f.
Gas, oxicum, azo... 829 f. hydrogeni... carbonicum 954 ... phurosum 976. ... sum 1010. muria... muriatosum 1050 ... drogenium carbo... tum
Gasbildung
Gazometer
Gebäude, Stellung de... als wenn es fallen...
Gefäßhaut des Auges
Gefrieren
Gefüge 135...
Gegenkraft. Gegenw...
Gelatina
Geißfuß der Maurer, Hebel 25...
Geist, brennbarer
Geräusch. Getöse
Geruch, brenzlicher fauliger, dummliger, nöser und Effluvium... selben 1214—
Geschichte der Naturwi... schaft
Geschützkugel 26...
Geschwindigkeit 71 ff. gefolgerte Sätze daraus
Gesetz, das Boyle'sche, riottische
Gespinnst der Spinnen Seidenwürmer 44...
Gestalt, bestimmte
Gestehen 57...
Gewächsalkali 878 f. felsaures 971. salpeter... res 1004. salzsaures
Gewebe, fadiges, bey Pf... zen

ewicht des Körpers 206. ist bewegende Kraft 206. absolutes 209. eigenthümliches 210. Regeln desselben 211. relatives, respectives 230 f. Verhältniß des relativen gegen das absolute 232. Vergleichung und Bestimmung des eigenthümlichen Gew. fester u. flüssiger Körper 350 ff. 360 ff. 368.
Glanzruß 1139
Glas 112. N. Ausdehnung desselb in Wärme 555. N. 899. glattes, rauhes, mattgeschliffenes, bey electrischen V. 1300. 1338
Glascylinder, bey electrischen Versuchen 1257
Glaselectricität, ist unschickl. Benennung 1297. 1300
Glasfluß 1078
Glasgeräthschaft; Parkersche 611. 956
Glaskugel, hohle, Sinken und Schwimmen derselben 344. N. 489. N. mit Wasser gefüllt als Brennglas 819. Glaskügelchen, Versuche damit 162 u. N.
Glaslinsen, Strahlenbrechung bey denselben 705. biconvexe geben Brenngläser 819
Glasmaschinen, electr. 1257
Glasröhre electrische 1229 f.
Glasscheibe, Zerbrechen derselben bey der Luftpumpe 386. N. 439. electr 1257
Glastafel, Versuche damit 161. N. bey der Electricität 1330 f.
Glastropfen 127. N.
Glasur 1078
Glaubersalz 143. N. Verwittern desselben 858. N. 971
Gleichgewicht, fester Körper 282 ff. beym Hebel 284 f. Gesetz desselben am mathematischen Hebel 287
Gliedmaßen, menschliche, electrische Versuche damit 1396 ff.
Glimmer, grüner 1130
Glocken, Klingen derselben 467. 475
Glockengut 1073. N.
Glockenspiel, electr. 1276. 1344
Glühen, mitgetheiltes 824. beym Verbrennen 845
Glühespan 1119. N.
Gluten 1155. 1178
Gold 118. große Dehnbarkeit desselben 44. N. Ausdehnung desselben durch Hitze 555. N. specifisches Gewicht desselben 368. Legirung desselben mit Kupfer oder Silber 1073. N. Verdampfung dess 580. N. Scheidung desselben vom Silber durch die Quart. 189. N. 1067. Charakter desselben 1113. Auflösung desselben in Königswasser 1113. N.
Goldkalk 1113
Goldpurpur des Cassius 1113 N.
Goldscheidewasser 1060
Goldsolution 743. N.
Graduirung der Thermometerscale 505 f.

Granit, von ungleicher Masse 169. N. gemengt 113. N.
Gravitas 198. specifica 210
Gravitation, s. Schwere. Newtons System derselben 271. N.
Griesholztinktur 742
Größe, stetige 42. scheinbare und wahre des Gegenstandes beym Sehen 766. f.
Grünspan, kryställ. 1118. N.
Grundkräfte 8
Grundmassen 112
Grundstoffe 109 ff. einfachere der organischen Körp. 1133. der Pflanzen 1113 ff. der Thiere 1174 ff.
Gummi. Gummiharze, eigenthüml. Gewicht derselben 368. Gummi resina 1153. elasticum 1154. Charakt. ders. 1135. 1149. arab., Kirschgummi 1149
Gußeisen 1119
Gymnotus electricus 1391
Gyps 368. 971.

H.

Haarröhrchen, Phänomene und Theorie ders. 154. ff. Versuche damit 157. N.
Häute des Auges 750 f.
Hagel 944
Halbkugeln, magdeburgische 386. N. 439.
Halbleiter, electrischer 1237
Halbmetalle 1069
Halbsäure 842. gasförmige, azotische 1017
Halbschatten 666
Hammerschlag 1119 N.
Hanf, entzündet sich 849
Harze, eigenthüml. Gewicht ders. 368. d. Pflanz. 1135. Charakter ders. 1151 f. der Electricität
Harzelectricität, ist uns… Benennung 1297.
Harzmaschinen, electr.
Hasenfell, b. d. Electric.
Hauch des Menschen
Hauptleiter, electr.
Hebebaum, als Hebel
Hebel 282 ff. mathemati… geradliniger, phys. Phän., Theorie u. … desselb. 282 f. einarm… doppelarmiger 283. ge… chener, Winkelhebel Kraft und Last bey … ben 282 f. Moment d… 288. Potenzen und … der Winkel dess.
Heber 388 ff. gemeiner Wirtembergischer 393. … cherscher 394. Wolfs… tomischer
Heberbarometer
Helligkeit
Hepar sulphuris
Hepatisches Gas
Heronsball 414. 439. 563.
Heronsbrunnen
Hirnhaut des Auges
Hitze; s. Wärme.
Hodometer
Höhe der Körper
Höllenstein 1115. N.
Hohlgläser 705. 71…
Hohlspiegel, parabolische … die besten Brennspiegel
Holz, Leuchten d. faulen
Holzarten, Versuche mit … schiedenen 128. N. eigenthüml. Gewicht ders.
Holzkohle 950. eigenthüml. Gewicht derselben

rizontalebene, Horizontal-
linie 197
en, Alexanders 483. N.
rnhaut des Auges 750
rnsilber 1115. N.
feisen, magnetisches 1441
mores 750 f.
drargyrum 1116
draulische Maschine, Seg-
ners 83. N. f. 324. N.
drogène 118. 917
drophan 745
dro-sulphures 1109
grometer. Hygroskop von
Saussure u. de Luc 946 f.
grometra 360
perbel 161
ypomochlium 282

J.

ahr 70 N.
mago obiecti 682
mpetus iactus 268
nbegriff 49
nclination der Magnetna-
del 1452
ndifferenzpunct d. Magne-
tismus 1458
nflexio lucis 747
natare fluido u. natare,
Unterschied dabey 348. N.
nstrumente 13. akustische
483. N.
ntensitas lucis 655
Intensität der Grundkräfte
46. 121 f.
Iris 753
upiter 1120
Jupiters-Monde, Ungleich-
heit des Laufs derselben
271. N. 11.

K.

Kälte, ist etwas Negatives
537. künstliche, Hervor-
bringung ders. 620. N. 621
Kakometer 852
Kalk, ungelöschter, Ursach sei-
ner Erhitzung 624
Kalkerde 118. ist für sich un-
schmelzbar 574. N. 892.
900 f. rohe, gebrannte,
lebendige, reine, gelöschte
900 f. schwefelsaure 971.
salpetersaure 1004. phos-
phorsanre 1037. salzigt-
saure 1051. boraxsaure
1066. kohlensaure bey
Schaalthieren 1174
Kalkrahm 902
Kalkspath, Phänomen beym
durchsichtigen 704. 958
Kalkwasser 901
Kammer, Pascals 387. N.
beym Auge 756
Kampher 1135. Charakter
desselben 1169
Kegel, Schwerpunct dessel-
ben 274. doppelter, der
über zwey schiefe Flächen
hinauf zu rollen scheint 281
Kegelschnitt 101. N.
Kernschatten 666
Kienruß 1139
Kieselerde 118. 892. 897 f.
Klang 455
Klangfiguren des Chladni u.
Voigt 467 f.
Kleber 1135. 1155 f.
Knall 455
Knallgold 1113. N. Knall-
kügelchen 588. Knallsil-
ber 1115. N. Knallpul-
ver 1026. 1034.
Knochenasche 1037. 1177
Knochenerde 1182. Knochen-
materie 1174. 1181

Knotenlinien, Bewegung aller 271. N.
Kobalt 118. 1067. Charakter desselben 1125. schwefelsaures 1124. N. zeigt magnetische Kraft 1425
Kobaltkalk, gerösteter. Kobaltmetall, zeigt Magnetism. Kobaltvitr. 1125. N.
Kochsalz, Gewicht des aufgelösten 369. N. Säure desselben 1048. 1060
Königswasser 1060
Körper 30 f. Ausdehnung derselben 31. feste 122. 123 ff. harte, starre, weiche 124. zähe, dehnbare, streckbare, spröde 125. flüssige 122. 129 ff. liquide, tropfbar-flüssige 122. 130 f. expansibele, eigentlich-elastisch flüssige 122. 131 f. expansibele an sich, expansibele durch Mittheilung 132 f. rein-expansibele, schwere expansibele flüssige 133 f. dichte, lockere 208. schwerartigere, leichtartigere 208. fallende, Höhe derselben 214 f. feuerfeste 574. organische, Bildung derselben 144 N. flüchtige, feuerbeständige 600. leuchtende, erleuchtete 641. opake, undurchsicht., durchsichtige 642. warme, heiße, kalte 537. warm-haltende 542. Capacität derselben für Wärme 550. schwere liquide, Phänomene derselben 307 ff. Einerley feste verlieren ungleich am Gewichte in verschied. Flüssigkeiten [illegible] rigide, federhart, [illegible] sche, weiche 295 [illegible] der menschliche, [illegible] specif. schwerer als [illegible] 348. N. [illegible] 946 f. organische [illegible] schallende und [illegible] 447 ff. unelectrische [illegible] gentlich-electr. [illegible]
Kohle, reine 950. 114[illegible] thierisch. Substanzen [illegible]
Kohlendampf, Sch[illegible] desselben [illegible]
Kohlensäure 864. 870. [illegible] ist Bestandtheil eine[illegible] per
Kohlensaures Gas, [illegible] nung desselben durch [illegible] me 562. N. 954 [illegible] Pflanzen 1141. [illegible]
Kohlenstoff 118. 912. [illegible] reiner 950. existirt [illegible] ßer Menge in d. Natur [illegible] Theorie u. Phänomene [illegible] selben 952 ff. Wirkung [illegible] selben bey Metallen [illegible]
Kometenlauf, ungleicher [illegible] 271. [illegible]
Korkkügelchen, bey der [illegible] tricität [illegible]
Korkkugelelectrometer 1304 [illegible]
Korkmännchen [illegible]
Krämerwaage, als [illegible] 283 [illegible]
Kraft, Kräfte 2. 3. analyti[illegible] sche Erforschung und [illegible] thetische Folgerungen [illegible] selben bey Stoffen 15. [illegible] wegende 35. 54. [illegible] stoßende, expansive 36. [illegible] wegende, beschleunigende [illegible]

10. 106. gleiche 82 f. ungleiche 84. äußere, mittlere 86. Wirkung der bewegenden, nach Perpendikellinien 95. Kraft und Gegenkraft 104. Mittelpunct derselben 99. Wärme-leitende 540 f. Bestimmung derselben nach Thompson und andern 542 f.
Kreide 958 f.
Kreidensäure 954. N.
Kreis, Schwerpunct desselb. 274. im Wasser 331. N.
Krümmungsbogen, Krümmungshalbmesser, Krümmungskreis 101. N.
Krystall 141. Phänomen bey dem Isländischen 704
Krystalllinse und Kapsel derselben 755
Krystallisirung 139 ff.
Küchenfeuer 636
Künstlich 1. N.
Kütte 148
Kugel, Schwerpunct derselb. 274. elfenbeinerne, Versuch damit 299. N. elfenbeinerne u. bleyerne, gleich am Gewichte, verlieren ungleich beym Wasserwägen 335. N. metallene und gläserne, Schwimmen derselben 348. N.
Kugelmaschinen, electr. 1257
Kugelspiegel, Phänomene des erhabenen 690
Kupfer 118. 1067. gelbes, weißes 1073. Charakter desselben 1118. schwefelsaures, salzigtsaures, krystallisirt essigsaures 1118. N.
Kupferkalk 1118 u. N. Kupfervitriol 743. N. 1118 u. N.
Kurzsichtigkeit 774

L.

Laden und entladen, bey der Electricität 1334 ff. überladen 1336
Länge der Körper 31
Lage des Körpers 55
Lackmustinctur 743. N. als Prüfungsmittel der Säuren 863
Lampe des Cardanus 281. Archand'sche 828
Lampenmikroskop, Adams 713
Lapis infernalis lunaris 1115. N.
Laterna magica 713
Laugensalze 874 ff.; s. Alkali
Lavendelöhl 44. N.
Lebensluft 829
Leere, Torricellische 379 f.
Legirung 1073 u. N.
Leichname, Emporkommen d. ertrunkenen 348
Leim 1178
Leiter, electrische 1235 ff. die vorzüglichsten 1240. isolirter, nicht-isolirter 1244 f. 1256. 1308 f. d. erste 1260. trockene, feuchte 1406
Leiter für die Wärmematerie 540
Leuchten, ohne Verbrennen 822 f. leuchtende Hitze unverbrennlicher Substanzen 824. verbrennlicher Substanzen 846
Leuchtsteine 823. bononischer 993
Licht, Lichtmaterie, Lichtstoff 44. N. 118. 639 ff. pflanzt sich in geraden Linien fort 643.

643. Radius desselben 644. verbreitet sich nach allen Richtungen 645. ist expansibele, rein expansibele Flüssigkeit und imponderabele Substanz 647. besteht aus einer an sich nicht expansibeln Substanz und Wärmestoff 649. verbreitet sich in discreten Strahlen 651. Geschwindigkeit dess. 652. Stärke und Schwäche dess. 655 f. Abwesenheit dess. ist Schatten 661 f. Brechung desselb. 692 f. Gesetz dabey 694 Theorie u. Phänomene dabey 695 f. Zurückstrahlung dess 699. Phänomene dabey 702. Brechbarkeit des farbigen 716 ff. siebenfach-farbiges beym Prisma 721 f. homogenes, heterogenes 731. Beugung desselb. 747. Mischung, Entwickelung und Verbindung dess. mit Wärmestoff 798 f. besteht aus Brenn- und Wärmestoff 802 f. Ursach der verschiedenen Arten des farbigen 806. Zersetzung, Zusammensetzung, Figirung desselb. 808 f. ist Agens in der Natur 825

Lichtmagn 823. Cantons 994

Lichtstrahlen 644 divergirende, convergirende 658 f. 701. parallele 659. 701. Brechung derselben 692. einfallende 693. Abweichung derselben wegen der Gestalt des Glases 709. Abweichung derselben wegen der Farben 727

Ligamentum nuchae
N. ciliare

Linie, lothrechte, senk... verticale; wasserrecht... rizontale 197. ... nische

Linsen (Lentes), erh... planconvexe, conv... xe Meniscus, hoh... concave, concav... concavconvexe 705. ... derselben 706. Brenn... derselben 707. Brenn... derselben

Liquor anodynus, ... gen desselben in ... chen 157. N. L. ... Libavii 11..

Löthen 148. Löthrohr

Luft, atmosphärische ... 116 N. 370. 379 ... sammensetzung der ... sphärischen 829 f. ... stand derselben beym ... dul 261. expansibele ... compressibele 374. ... re, entzündbare 916 ... 954. N. vitriolsaure ... atmosphärische, ist ... vollkommener electrisch... ter und Nichtleiter ... 1254. Das Uebrige ... unter: Gasarten.

Luftarten 136. 370. f. ... rie und Phänomene ... eigenthüml. Gewicht ... selben 361.

Luftbild

Luftgütemesser

Luftpumpe 424 ff. erfunden von Guerike, bekannt ... macht v. Schott u. ... 424. Haupttheile ... 425.

.25 f. horizontal-liegen-
e, schief-liegende, vertica-
e 427. verschiedene Arten
erselb. 428. Erfordernisse
iner guten 429 f. Wirkung
erselben 431 f. Versuche
amit 439 f. Wilkens
ind Gerretray's Luftpumpe
urch Wasserdämpfe 599
tsäure 954. N.
tschichten 377 f.
tthermometer 493. 563. N.
Drebbelisches, Amonton-
ches, Bernouilli'sches 497 f.
tzünd. 849. Hombergs 995
na cornua 1115. N.
ven; s. Linsen.

M.

aaß d. Centripetalkraft 100
igisterium (Lac) sulphu-
ris 982
ignesia 903. nigra 1127
u. N.
agnésie 118. 903
agnesium 118. 1067. Cha-
rakter und Kalk desselben
1127 u. N.
agnet 1420 ff. Phänome-
ne desselben 1420 f. Pole
desselben 1422. zusammen-
gesetzter, anomalischer 1422.
Richtung oder Lage der
Achse desselben 1423. zieht
Kobalt an sich 1425. ar-
mirter 1428. künstl. 1436 f.
Verlust seines Magnetis-
mus 1457
agnetische Materie 1420 ff.
agnetismus kann dem Ei-
sen und Stahle mitgetheilt
werden 1437. ferner durch
den einfachen und Doppel-
strich 1438 f. ursprüngli-
cher bey Eisen und Stahl
1455 f. Brugmans Phä-
nomen beym Streichen m.
Magnet 1458 f.
Magnetnadel 1423. von Ko-
balt 1425. Phänomene der-
selben 1430. 1433. Theo-
rie und Phänomene des
Magnetism. ders. 1442 ff.
Abweichung ders. 1447 f.
Neigung oder Inclination
derselben 1452
Magnetometer 1429
Manganèse 118
Manom., Guerikische 445 f.
Markhaut 754
Marmor 958 f.
Mars 1119
Masse des Körpers 49 f. 105.
widerstehende 106. gleich-
artige, ungleichartige 109.
gemengte, gemischte 113
Masticot 1117. N.
Mater vini 1188
Materia, albuminosa 1158.
1180. acris, narcotica,
fibrosa plantarum 1170
— 1173
Materie 30. ff. mechanische
und chemische Durchdrin-
gung derselben 37. N.
große Theilungen dersel-
ben 44. N. 1 — 6. schwer-
lose, schwer-machende 204 f.
strenge flüssige, leicht-flüssige
572 N. electrische 1229 ff.
magnetische 1420 ff. Das
Uebrige s. unter: Stoffe.
Mauersalpeter 1004 f. 1226
Mechanismus des Stehens,
Gehens u. s. w. bey Men-
schen und Thieren 281

Meersalz [illegible]
Mehl 1155
Membranae 750
Meniscus 705
Mennig 1117. N.
Menstruum [illegible]
Mercurius 1116. praecipitatus per se, praec. ruber, praec. album; sublimatus corrosivus; dulcis 111 . N.
Meridian, wahrer, magnetischer 1447
Messing 1073. N.
Metalle Körnen derselb. 139. N. eigenthümliches Gewicht derselben 368. Ausdehnung derselben in Wärme 555. 912. Phänomene derselben 975. als einfache verbrennliche Substanzen, Theorie und Phänomene derselben 1067 ff. einige schmelzen vor, andere nach dem Glühen 1070. einige lassen sich schweißen 1070. sind krystallisirbar 1071. feuerbeständige, flüchtige 1072. Verkalken derselben 1074. ff. regulinische 1075. edle, unedle 1076. einige werden beym Verkalken zu Säuren oder Oxiden 1084. Verwandtschaft und Verhältniß derselben zum Sauerstoffe 1050 ff. Kohlenstoffhaltige 1112. Phänomene derselben bey der Electricität 1240. 1300
Metalla, sulphurata 1106. hydrogenio - sulphuratum 1109 carboneata 1112
Metallbäumchen 144. N. 1105
Metalldraht 1231 f.
Metallgemisch 1073. Rose'sches 573. N.
Metallkalke 1075. ff. vollkommener, unvollkommener 1092. eigenthüml. Gew. derselb. 368
Metallthermometer, Mortimers, Lösers, Zeihers 509
Metallversetzungen 1073
Metallische Gläser 1078. metallischer König 1075. met. Salze 1101
Meth 1189
Mikroelectrometer, Mikrometer [illegible]
Mikroskop 778. einfaches [illegible] [illegible] das [illegible] [illegible] Spiegel 778. [illegible] Erscheinungen [illegible]
Milchzucker 1174. 1175. [illegible] zuckersäure [illegible]
Mineralalkali, ist dem Gewächsalkali ähnlich 890. wird aus Asche verbrannter am [illegible] gelegten Meerwasser nahe den Kräuter; oder aus Mittelsalzen [illegible]
Minium 1117. N.
Minuselectricität 1297. [illegible]
Minute 70. N.
Mischung (Mixtio) 115. [illegible] mischer Körper, wenn selbst [illegible] folgende Veränderung [illegible] ben 1214. [illegible]
Mittel, Mittelding 68. [illegible] oder leeres, widerstand [illegible] stendes 68. dichteres und [illegible] neres beym Lichte [illegible]
Mittelflasche, bey Gasarten [illegible]
Mittelpunct, der Kraft 99. [illegible] Schwere 272 ff. der [illegible] 2 4. der Schwingung [illegible]
Mittelsalze 890 ff. 1051
Mitverflüchtigung 600
Mörtel 148
Molybdaena 1128
Molybdän. Molybdänmetall, Molybdaenum 118. [illegible] Charakter und Kalk derselben 1128
Mondslauf, Ungleichheit derselben 271 N.
Monochord 6[illegible]
Montgolfieren 567. N.
Most 1188
Motus 56. aequabilis, uniformis, variatus, retardatus 72. centralis 99
Mucillago 1143

N.

Nachtgleichen, Vorrücken derselben 271. N.
Naphtha, Verdampfung derselben 580. N.
Natrum 880

ur I u. N. todte 6
ura naturans, naturata I. N.
ürlich, unnatürlich, widernatürlich I. N.
urbegebenheit. Naturerscheinung 5 — 10
turforscher, Naturphilosoph 15
turgeschichte 6. Naturgesetze 9
turlehre, Naturwissenschaft, historische, rationelle 6. empirische, speculative 25. Geschichte derselben 26. allgemeine 28 — 485. besondere 48[?] bis zu Ende. Metaphysische 29 ff.
turphilosophie, mechanische, dynamische 45
bel 592. 596. N. 941 f.
igung der Magnetnadel 1452
igungsloth 693
igungsnadel. Neigungscompaß 1453
rvenhaut. Netzhaut 754
rvus opticus 751
eutralsalze 886 — 889. 1051 f.
ichtleiter, electrische 1236. ff. die vorzüglichsten 1239
iederschlag 191. f. Metallischer, große Theilung desselb. 44 N.
iederschlagung 191 f. 144. N. bey Metallen 1104 f. Niederschlagungsmittel 191
ickel. Niccolum 118. 1067. Charakter desselben 1123
ordpol des Magnets 1422
ormalkraft 100
ormallinie 101 N. 18
ußschaale, Schmelzen einer kleinen Silbermünze in derselben 574 N.

O.

Oblique 93
Objectivglas. Ocularglas 781
Oehl, eigenthüml. Gewicht der ätherischen u. fetten 368. löset d. Phosphor auf 1042. fettes, ätherisches bey Pflanzen 1135. brenzligtes 1143. Charakter desselben 1166. riechende, destillirte, wesentliche 1168
Oehlruß 1139
Oleum empyreumaticum 1143
unguinosum 1166
Operngucker 687. N.
Orbiculus ciliaris 752
Orbita 749
Organische Substanzen, lebende 1134. todte 1185
Ort, absoluter, relativer 55
Oscillatio penduli 244
Oxicum, oxygenium, oxygène 837
Oxid, Oxide 842. Oxidirung, Oxigenirung, Oxidation 842. beym Verkalken der Metalle 1084
Oxide de Mercure 1116. N. Ox. de plomb. 1117. N. Ox. de fer. 1119. N. Ox. d étain 1120. N. Ox. de bismuth 1121. N. Ox. d'arsénic. 1124. N. Ox. metallique du premier degré d'oxidation 1092.

P.

Panzer des Magnets 1428
Papier, gefärbtes, als Reagens für Alkalien 875
Parabel 675
Partes, similares, dissimilares 111. constituentes 112
Passevin 328. N.
Pechblende 1130
Pendul, einfaches, mathematisches, zusammenges. 242. 256. Schwingung, Schwung desselben, halber, einfacher, ganzer, zusammengesetzter, isochronischer 244 f. Schwingungszeit desselben 246 f. Schwingungspunct desselben 257 f. Aufhängungspunct desselb. 258. Länge des einfachen 259 f. rostförmiges, Graham's u. Romain's 261. Lehren des einfachen von Galilei 263. Schwingungsbogen dess. 261. Anwendung der Gesetze dess. von Huygens 264
Pendulschwingungen 241 ff.
Pendulubr, von Huygens 263
Penumbra 666

Percus-

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
Phosphor 118. 372. eigenthüml. Gewicht dess. 368. Hombergs 123. Charakter u. Phänomene desselb. 157 f. 873 f. 1095 ff. [illegible] 146. 574. [illegible] 1095. Wirkung desselben auf [illegible] 1111
Phosphorglas 1043. N. Phosphorsäure 1043
Phosphorsäure 164 f. 870. 872. Theorie und Phänomene derselben 1095 ff.
Photometer 656. 663
Physica 4. Physical. Schriften, Verzeichniß derselben 27
Pia mater 751
Pigmente 44. N. zum Porzellänmahlen 1078
Pistole, electrische 1283
Planetenlauf. Perturbationen dess. Planetensystem 271. N.
Planum inclinatum 218
Platin, Platina, Platinum 118. 368. 1067. 1114
Platten, Morveau's metallene, Zusammenhang derselben mit Quecksilber 147. N.
Pluselectricität 1297. 1313
Pole d. Magnets 1422. künstliche 1428. ungleichnamige, gleichnamige 1431 f. Gesetz ders. u. Versuche 1433. freundschaftliche, feindschaftliche 1434
Polemoskop, Hevelsches 687. N.
Polyëdrum 703
Polyspastus 294
Ponderosität 209
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
Pulvis fulminans [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
Purpura mineralis 1095 f.
Putrefactio [illegible]
Pyramide, Schwerpunkt derselben [illegible]
Pyrometer, 609. [illegible] 510. [illegible]
Pyrophor [illegible]
Pyrophor, Hombergs 143. [illegible]

Q.

Quadrantenelectrometer 1304 f.
Quantitas motus [illegible]
Quecksilber 118. 1067. eigenthüml. Gewicht desselben 368. dieses eigenth. Gew. desselb. zu finden 356. Verdampfung desselb. 580. N. Phänomene desselb. 379. N. f. Charakter desselb. 1116. salpetersaures, versüßtes, salzigtsaures 1116. N.
Quecksilberapparat, bey Gasarten 6[illegible]
Quecksilberkalk 1116. u. N.
Quecksilberpräcipitat, weißer. Quecksilbersublimat 1116. N.
Quecksilberthermometer 4[illegible]
Quecksilbervitriol 1116. N.

R.

Rad an der Welle 291
Radbarometer, Hooks 401

Radi-

lical muriatique, fluori-
ue, boracique 118
lii vectores 101. N. sonori
77. Radius incidens, re-
exus 699
a Torpedo 1391
nzigtwerden ist eine Art von
ssiggährung 1211
efactio 489
uch 592
um. 30. 33. absoluter, relati-
er; beweglicher, empirischer,
eerer, reiner 34. Raumesin-
alt 49
utenglas 703
ictio 104
uciren der Metalle. Re-
uctio 1079
lerion; siehe Licht.
ractio lucis 692. Refrangi-
ilitas staminum lucis 717
jen 944. Regenbogenbaut
53. Regenwasser, reines de-
tillirtes, als Einheit bey
Vergleichung des eigenthüm-
chen Gewichts mehrerer Kör-
er 351. 368. 938
gulae Newtonianae 19
gulus 1075. antimonii 1126
ben, fester Körper unter
inander 637. bey der Elec-
ricität 1241
ber, Reibzeug bey der Elec-
ricität 1256. 1259
if 944
fen des Obstes 1210
sebarometer 401
ißbley 1112
ina 1151
onanz 476. N.
ina 754
htung 66. einerley, entge-
engesetzte 107. 298. N.
chende Ausflüsse, große Thei-
ung derselben 44 N.
ng des Saturns, Rotation
esselben 271. N. stählerner
26. N. Ringe, klingende 467
ckenkleye, entzündet sich 849
hre, Torricellische 379 f. me-
allene bey der Electric. 1234
sten der Pflanzen 1137
heisen 1119

Rolle 294
Rost, Rosten 1098
Ruhe, absolute, relative 57
Ruhepunct 282
Ruß 1139

S.

Saccharum Saturni 1117. N.
Sättigung 188. bey der Elec-
tricität 1313
Säuren 862 ff. Arten und Ein-
theilung derselben 864. beste-
hen aus eigenem Radical und
Sauerstoff 865. Zerlegen und
Zusammensetzen derselb. 866 f.
einfaches und zusammengesetz-
tes Radical ders. 870. u. N.
vollkommene, unvollkommene
872. u. N. schwefligte 972 f.
salpetrigte 1001 ff. phospho-
rigte 1040. des Kochsalzes,
Flußspaths u. Borares 1047 ff.
salzigte 1049 f. flussigte 1061 f.
Saflor 1125. N.
Saite, gespannte 450 f. Länge,
Dicke und Spannung dersel-
ben 459 f. Einklang, Octave,
Quinte u. s. w. derselben 462
Sal acetosellae 1161
Salmiak 1050 f. Salmiakgeist,
ätzender, luftsaurer, Aufstei-
gen desselben in Haarröhr-
chen 157. N. ätzender 882
Salpeter 143. N. als Bestand-
theil des Sauerstoffgas 831.
1001 ff. gemeiner 1004. als
Mittel beym Verpuffen und
Verkalken der Metalle 1095.
erdiger 1226
Salpetergas, Ausdehnung dessel-
ben durch Wärme 562. N.
1001 ff. als eudiometrisches
Mittel 1019. Entwickelung
desselben bey Metallen 1099
Salpetergeist, Aufsteigen desselb.
in Haarröhrchen 157. N. rau-
chender, Färb. dess. 743. N. 1002
Salpeterluft, dephlogistisirte 1017
Salpeternaphtha 1196
Salpetersäure 864. 870. 872.
1001 ff. Mischung ders. nach
Caven-

Cavendish 1031. ist Hauptproduct d. Verwesung 1226
Salze, eigenthüml. Gewicht ders. 368. krystallinische, Erkältung bey Auflösung derselb. in Wasser 620. Character ders. 854 f. Krystallisirung ders. 857. Zerfallen oder Verwittern derselb. 859. Zerfließen derselben 860. Eintheil. derselben 861. urinöses 882. N. metallische 1101
Salzgeist, Aufsteigen desselben in Haarröhrchen 157. N. rauchender 1048
Salzigtsaures Gas 1050
Salzkrystalle 857 f.
Salzsäure 864. 872. dephlgistisirte, vollkommene, gemeine 873. N. Radical derselben 912. Beschaffenheit u. Phänomene derselben 1049 ff. oxigenirte, dephlogistisirte 1052. salpetriatsaure 1050
Salzspindel 364. Salzwaage 360
Sammlungsgläser 707
Saturnus 1117
Sauerbrunnen, natürliche 956
Sauerkleesalz 1135. Sauerkleesäure 864. 1135. Charakter derselben 1161
Sauerstoff. 118. 831 ff. Sauerstoffgas, Ausdehnung desselben durch Wärme 562. N. ist Theil der atmosphärischen Luft 829. Theorie und Phänomene desselben 831 ff.
Saugen, der Kinder 410
Saugpumpen 409
Scale 399. Fahrenheitische 505. N. 393. N. Schwedische 504. Reaumürsche, Celsiusche, Deslislesche 505. N.
Schall 447 ff. Körper, die ihn erregen, u. Mittel, die ihn fortpflanzen 449. Stärke u. Dauer desselben 454. dumpfer 455. Geschwindigkeit desselben als Mittel, d. Entfernungen eines Orts, Gewitters u. s. w. zu beurtheilen 480. N.
Schallstrahlen 477 f.
Schatten 662 f. gerader, umgekehrter 664. wahrer, Kern-, Halbschatten 666. [illegible]
Schaufel, als Hebel [illegible]
Schere, als Hebel [illegible]
Scheibe 294. [illegible]
rische, Quadrat- [illegible]
Scheibenmaschinen, elect[illegible]
Scheidewasser [illegible]
Scheidung [illegible]
Schiebkarren, als Hebel [illegible]
Schießpulver, Kraft des [illegible] Entzündung und [illegible]le desselben [illegible]
Schiffsruder, als Hebel [illegible]
Schillern der Körper [illegible]
Schimmeln, vegetabilisch[illegible]fe [illegible]
Schlagweite, bey der Ele[illegible]tät [illegible]
Schlange, electrische [illegible]
Schleim 1135. Charakter [illegible]ben [illegible]
Schleuder [illegible]
Schmalz [illegible]
Schmelzen und Gefrieren [illegible]
Schmelzgläser [illegible]
Schmelzungsmittel [illegible]
Schnee 144. N. 933. 93[illegible] Fixität des Ge[illegible] beym schmelzenden [illegible] such mit warmen Wass[illegible] Schnee [illegible]
Schneewasser; s. Regenw[illegible]
Schnellloth [illegible]
Schnellwaage, als Hebel [illegible]
Schörl, rother [illegible]
Schröpfköpfe [illegible]
Schrot, bleyernes [illegible]
Schwefel 118. 144. N. [illegible] Verdampfung desselb. [illegible] Beschaffenheit und Phäno[illegible]ne desselben 962 ff. löset [illegible]talle auf 1106. bey der E[illegible]tricität [illegible]
Schwefelalkali 981. ist A[illegible]sungsmittel für Metalle [illegible]
Schwefelbäder [illegible]
Schwefelblumen. Schwefel[illegible]then [illegible]
Schwefeleisen. Schwefel[illegible] Selbstentzündung der[illegible] [illegible]

Schw[illegible]

chwefelgas. Schwefligtsaures Gas 976. 1099
chwefelleber 976. Schwefelleberluft 984. N.
chwefelluft 976
chwefelmetalle 1106. Verwittern derselben 1107. wasserstoffhaltiges 1109
chwefelmilch 982
chwefelrubin 144. N.
chwefelsäure 864 f. 870. 872. Beschaffenheit und Phänomene derselben 962. ff. vollkommene 966. giebt Neutral- und Mittelsalze 971. flüchtige 972. N.
chwefelwasser 985
chwere, im allgemeinen 196 ff. ist stetig-wirkende Kraft 200. Ursach ihrer Kraft liegt außer unserer Erfahrung 205. ist beschleunigende Kraft 206. eigenthümliche 210
chwererde 118. 892. 906. schwefelsaure 971. salzigtsaure 1051
chwerpunct, fester Körper 272 ff. Directionslinie desselben 276 f. mechanisches Finden desselben 278. N.
chwerspath 906. 971. Schwerstein 1129
chwimmen, der Körper 341 f. der Schiffe 344. N. der Menschen, der Vögel in der Luft 348. N.
chwimmblase der Fische, worin Stickgas ist 999
chwingung, Schwung u. s. w. s. Pendul.
chwingungsbewegungen, schallender und klingender Körper 447 ff. Mittelpunct derselben 474. Geschwindigkeit derselben 476 f.
chwingungsknoten 464 f.
clopeta pneumatica 414
ecundenpendul 259
ehen 638. Theorie und Phänomene desselben 748. 758 ff.
ehenerve 751 f. Sehewinkel 766 f.
Seide, weiße, schwarze, bey der Electricität 1300
Seife 1167
Selbstentzündung 848 f.
Selenit 971
Semimetalla 1069
Senkwaage, hydrostatische, mit beständigem und veränderlichem Gewichte 360 f.
Sense, als Hebel 283. N.
Serpentinstein, zeigt Magnetismus 1426
Siedegrade des kochenden Wassers unter der Luftpumpe 581. N.
Siedepunct, beym Thermometer 501
Siegellack, electrische Phänomene desselben 1229. f. 1300
Silber 118. Verdampfung desselben 580. N. Legirung desselben mit Kupfer 1073. N. Charakter desselben 1115. salpetersaures 1115. N.
Silberbaum 143. N. 1105. N.
Silberglätte 1117
Silice 118
Silurus electricus 1391
Similor 1073. N.
Situs 55
Smalte 1125. N.
Soda. Soude 880. N. 1146
Solutio 179. Solvens 180
Sonnenfeuer 635. Wirkung dess. auf farbige Körper 815
Sonnenmikroskop, Lieberkühns, Martins 713
Sonnenzeit, wahre, mittlere 70. N.
Soolwaage 364
Spangrün 1118. N.
Spathsäure 1061
Spectrum 716
Specula caustica, ustoria, ardentia 817
Sphäroidmaschinen, electrische 1257
Spiegel 677. Es giebt keinen vollkommenen 678. Materien zur Zubereitung derselben 679. ebene, plane, krumme, convexe, concave, sphärische, elliptische, parabolische, hyperbo-

perbolische, cylindrische, conische 681. Phänomene derselben 682 ff. pyramidalische, prismatische 691. N.
Spiegelcabinett. Spiegelkasten. Spiegelzimmer 686 N.
Spiegelteleskop, von Newton, Gregory, Cassegrain, Herschel, Schrader 792—796
Spießglaskönig 144. N.
Spießglanz 118. 1067. Verdampfung desselben 580. N. Charakter desselben 1126. schweißtreibendes 1126. N.
Spießglanzbutter. Spießglanzglas. Spießglanzmet. Spießglanzkalk 1126 u. N.
Spinnen, electrische 1276
Spiritus, Libavs rauchender 1120. N.
Spiritus vini, ardens, inflammabilis 1191 f.
Sprachgewölbe. Sprachrohr 483 u. N.
Springbrunnen 316 N.
Springkraft 126 f.
Stachelbauch, electrischer 1391
Stäbe, klingende 467
Stärke 1135. 1157
Stahl 1119
Stahlbrunnen, kohlensaure 956
Stahlfeder 126. N.
Stalactite 144. N.
Stangenschwefel, Phänomene desselben 1229. f.
Stechheber, Wirk. desselb. 410
Steinsalz 1051
Stern, leuchtender bey der Electricität 1290
Sternentag 70. N.
Sternrohr, Keplerisches 783
Stibium 1126
Stickgas, Ausdehnung desselben durch Wärme 562. N. als Bestandtheil der atmosphärischen Luft 829 Theorie u. Phänomene desselb. 998. ff. sauerstoffhaltiges 1001. 1016 f.
Stickstoff 118. 912. Theorie u. Phänomene desselben in Verbindung mit Sauerstoff 998 ff.
Stoffe, unzerlegte, unzerlegbare 117. einfache [illegible] schwere einfache und [illegible] bindungen 82 [illegible] verbrennliche 511 ff. [illegible] narcotische 1135 [illegible] ziehender 1165 [illegible] ge 1222. [illegible]
Stoß, fester Körper [illegible] gerader, schiefer 297 [illegible] traler 298 u. N. [illegible] selben 296 f. [illegible] bey vollkommen [illegible] pern 298. bey [illegible] weichen Körpern 299 [illegible] flexions- und Einfalls[illegible] bey demselben [illegible]
Stoßmaschine, [illegible] 291. [illegible]
Strahlen 134. einfallende, [illegible] rückgeworfene 669 f. [illegible] chene [illegible]
Strahlenbändchen [illegible]
Strahlenbrechung, astronomische [illegible]
Strahlencylinder [illegible]
Strahlencanal, Fontana's [illegible]
Strahlenkegel [illegible]
Strahlender Punct [illegible]
Strahlungen des Auges [illegible]
Strohhalmelectrometer [illegible]
Strontionerde 118. 892. [illegible] salzigtsaure [illegible]
Stückgut 1073 [illegible]
Stunde 70. N.
Sublimate, krystallinische [illegible] N. Sublimiren [illegible]
Substrat, säurefähiges, [illegible] bildendes [illegible]
Substanzen, kohlige, thierische [illegible] eigenthümliches Gewicht derselben 368. zusammenge[illegible] organischer Körper 1132 ff. Uebrigens siehe Stoffe.
Südpol des Magnets [illegible]
Sulfures metalliques [illegible]
Sulphur, Soufre [illegible]
Sulze [illegible]
Sumpfluft [illegible]
Suppellex physica [illegible]
Sympathetische Tinten 743. N. 1118. N. Hellots, Illemanns blaue 1125 N.

Sym-

…thesis 115
…ho 388
…stem, Franklins, dualistisches 1313 ff.

T.

…bellen, über die einfachen Stoffe 118. über die Zerreißbarkeit der Körper 128. N. über den Zusammenhang der Körper 147. N. über das Aufsteigen der Flüssigkeiten in Haarröhrchen 157. über die Verwandtschaft der Zusammensetzung 174 — 178. über den Schwung und Verzögerung des Secundenpenduls 154. über das Gewicht der Flüssigkeiten 353. N. über das eigenthümliche Gewicht mehrerer Körper in Vergleichung mit Wasser 368. über das Gewicht des Salzes, der Soole, des Gemisches aus Alkohol und Wasser 369. über die identisch-verschiedenen Arten der Säuren, nebst ihren latein. und französisch. Benennungen 864. über vollkommene und unvollkommene Säuren 872. über die Verwandtschaftsfolge der Metalle zum Sauerstoffe 1104. N. über die Bestandtheile der Körper d. Pflanzenreichs 1135
…ag 70. N.
…alg 1179
…alkerde 118. 892. 903 f. schwefelsaure 971. boraxsaure 1066
…angentialkraft 100
…antalus, künstlicher 394
…artarus 1160. emeticus 1126. N.
…aschenelectrometer 1304. N.
…eleskop 750 f.
…emperatur der Körper 177. 518. Mittel, dieselbe zu erhöhen 633 — 637
…empus, solare, verum, s. medium, aequale, primi mobilis 70. N. periodicum 101. N. 6.
…erpentinöhl, Aufsteigen desselben in Haarröhrchen 157 N.
…erra muriatica 903
Tetrachord 461
Tetrodon electricus 1391
Textura 139
Thau 944
Theile, gleichartige, ungleichartige 111 ff. fadige, holzige bey Pflanzen 1172
Theilung, chemische, physische, mechanische 111. 115
Thermae hepaticae 985
Thermometer. Thermoskop 398. N. 491 ff. Florentinisches, Fahrenheitisches, Reaumürisches 500 f. Frost- und Siedepunct desselben 501. Scale desselben 505
Thon, Schwinden desselben in Hitze 557
Thonerde 118. 892. ist für sich unschmelzbar 574. N. reine 905. schwefelsaure 971
Thonkugeln 298. N.
Thran 1179
Thür, electrische 1334 N.
Tinct. ligni nephritici 742. N.
Tinte, gemeine 1165. sympathetische; siehe sympathetisch.
Titan 118. 1067. 1131
Tobakrauchen 410
Tomback 1073. N.
Ton, hoher, tiefer 456 f.
Tonne, magische 414
Topas, brasilianischer, zeigt Electricität 1390
Topf, Papinianischer 588
Tophe 144. N.
Trägheit 61 f. Gesetz ders. 64
Traubenhaut 753
Trichiurus indicus 1391
Trinken 410
Trinkwasser, electrisirtes 1330
Trochlea 294
Tropfenbildung 139 f.
Tubi, capillares 154. optici 780. 783 ff.
Tungstène 118
Tungstein 1129
Tunica sclerotica, cornea 750 choroidea 752
Turiner Kerzen 1036
Turmalin, electrische Eigenschaften desselben nach Cavallo 1390 u. N.

Turpeth, mineralischer 1116. N.

U.

Uebergang, bey der Electricität 1313
Ueberlage, beym Hebel 282
Ueberströmen der Electricität erscheint in Gestalt eines Lichtpunctes od. eines Feuerbüschels 1250
Uhrglas, Strahlenbrechung bey demselben 705
Umbra recta, versa 664
Umlaufszeiten 101. N.
Undurchdringlichkeit 32. ist nur relativ 38
Undurchsichtigkeit der Körper 745
Ungleichartigkeit 46
Universalwaage, Leupolds 293. N.
Unschlitt 1179
Unterlage, beym Hebel 282
Uran 118. 1067. Charakter desselben 1130
Urschall 484
Urstoff 117
Uvea 753

V.

Vacuum 34. disseminatum 45
Vapores 136
Vectis 282. heterodromus, homodromus 283. angularis 294
Vegetationen, künstliche, metallische 1105
Venus 1118
Verbrennen, entzündlicher Materien 636. 822 f. Erscheinungen und Theorie desselben in atmosphärischer Luft 826 ff. Beschaffenheit desselben 840 f. bey Metallen 1082 f.
Verdampfung, Maximum derselben 593 f. wirkliche 598
Vereinigungspunct paralleler Strahlen 673
Verflüchtigen 600
Verglasungen, eigenthümliches Gewicht der künstlichen 368
Vergleichungsthermometer 505. N.
Vergolden, versilbern, verzinnen 148
Vergrößerungsglas [illegible]
Verkalken der Metalle [illegible] 1075 ff. ist wirkliches [illegible]brennen 1082. Theorie [illegible]ben 1083. ist Oxidirung [illegible]
Vermengung. Vermischung [illegible]
Vernunftschlüsse [illegible]
Verpuffen [illegible]
Versorium [illegible]
Versuch 11 f. Robervalls [illegible] Kleistische, Leidensche, [illegible]schenbroeksche bey der Elec[illegible]cität [illegible]
Vertheilung, bey der Elec[illegible]cität [illegible]
Verticallinie [illegible]
Verwandtschaft, chemische [illegible]mischende 174. aneign[illegible] vorbereitende [illegible]
Verwesung, ist von eine[illegible] Fäulniß verschieden [illegible] Theorie derselb. 1225–[illegible]
Vexirbecher [illegible]
Vibratio penduli [illegible]
Vinum adustum [illegible]
Violensyrup, als Reagens [illegible] Alkalien [illegible]
Viride aeris 111[illegible]
Vis, attractiva 39. repu[illegible] expansiva 36. inertiae, [illegible] widerlegt 61. motrix, [illegible]leratrix 80. centripeta [illegible] centrifuga, normalis, [illegible]gentialis, centralis [illegible]
Vitriol, grüner 969. bla[illegible] 1118. N. weißer 11[illegible]
Vitrioläther. Vitriolna[illegible] [illegible]
Vitriolgeist, Aufsteigen [illegible]ben in Haarröhrchen 157. [illegible]
Vitriolöhl 157. N. [illegible]
Vitriolsäure, 969 f. phlog[illegible]te, flüchtige 97[illegible]
Vitriolum de cypro 11[illegible]
Vitrum oneratum 1334. N. [illegible]tra caustica, ustoria [illegible]
Volumen [illegible]
Vulcane, entstehen aus D[illegible]pfen [illegible]

W.

Waage, hydrostatische 359. Cou[illegible]lombs electrische 1304 [illegible]
[illegible]

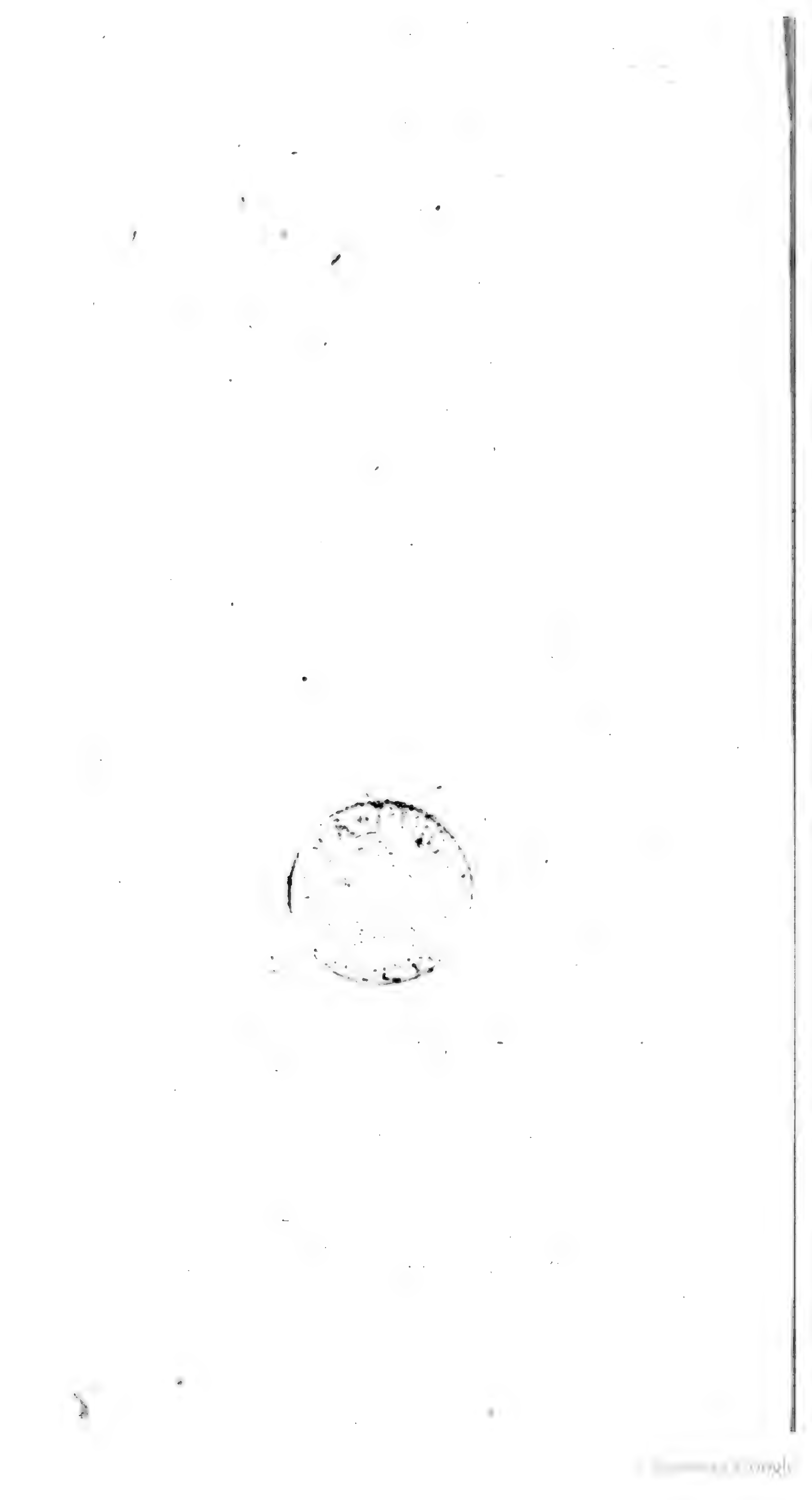
hs 1166. Wachstaffent bey
r Electricität 1316
rme 487. specifische, com-
arative, relative 550. beym
endul 261
rmegrade des kochenden
Wassers 581 N.
rmematerie; s. Wärmestoff.
rmemesser 491
rmestoff 118. 487 ff. freyer
nd dessen Verbreitung 511 ff.
t expansibele Flüssigk., rein-
xpansibele Flüssigkeit und im-
onderabele Substanz, ist ur-
prünglich expansibel 511-513.
rahlender 515. freyer, un-
erkbarer, verborgener, fixir-
er 521. 614. Gleichgewicht
esselben 524 f. Wirkungen
esselben auf die Körper 554 ff.
Expansion der Körper durch
enselben 554 f. bey Gasarten
02 f. fixirter 612 ff. adhäri-
ender, chemisch-gebundener
15. Gesetze desselben 618 ff.
eiter für denselben 540
ahlverwandtschaft, einfache
176. mehrfache 178
allgucker 687 N.
allrath 1179
sser, von gleichartiger Masse
09 N. als fester Körper,
s tropfbar-flüssig, als
Wasserdampf 137 N. warmes
38 N. destillirtes, Aufstei-
gen desselben in Haarröhrchen
157 N. Sieden desselben 579.
Dampf desselben 759. Einfluß
der Luft auf die Siedhitze des-
selben und überhaupt auf des-
sen Existenz 581—583. Aus-
dünstung desselben ist keine
Auflösung in der Luft 598.
Springen desselben aus dem
Heronsballe 407 N. Ver-
wandlung des tropfbar-flüs-
sigen in Dampf 613. 913 ff.
ist keine einfache Substanz
913 f. besteht aus Sauerstoff
und Wasserstoff 918 f. drey-
fache Form desselben 931 ff.
liquides, eigentliches 931 f.
Gefrieren desselben 933 f. an-
dere Festigkeit desselben 937.
ist Auflösungsmittel verschie-
dener Körper 938. atmosphä-
risches ist das reinste 938. un-
merkliche Ausdünstung dessel-
ben 940 f. liquides nur ist
feucht-machend 948. läßt sich
nicht in Erde verwandeln 949.
kohlensaures, luftsaures 956.
wesentliches bey den Pflanzen
1136. hartes, weiches 1167
Wasserbley 1128
Wasserdampf 931. 939 f. Elasti-
cität desselben 940 ff.
Wasserstoff 118. 912. 913 ff. ist
einfach 930
Wasserstoffgas, Ausdehnung des-
selben durch Wärme 562 N.
916 ff. Basis desselben ist Was-
serstoff und Brennstoff 919.
schwefelhaltiges 984. phos-
phorhaltiges 1043. Entwicke-
lung desselben bey Metallen
1099. kohlenstoffhaltiges 1141
Wasserstrahl, Springen dessel-
ben aus einer Röhre 165.
u. N. 268 N.
Weg, des Körpers 65
Wegmesser 281
Wein 1189. Weinflasche,
electrisirte 1330. N.
Weingährung, Theorie und
Phänomene derselben 1187 ff.
Weingeist, Verdampfung dessel-
ben 580. N. Beschaffenheit
desselben 1191. rectificirter,
höchst-rectificirter 1192
Weingeistthermometer 493
Weinstein 1135. 1160. vitrioli-
sirter 971
Weinsteinsäure 864. 1135. 1160
Weitsichtigkeit 775
Werkzeug 13
Wetterglas 395
Wetterschächte, Wetterwechsel
in Gruben 567. N.
Wiederherstellung der Metalle
1079 f. Theorie und Phäno-
mene derselben 1085 ff.
Wiederschall 484
Winkel, gebrochener 693
Winkelhebel 294
Winkelspiegel 686. N.

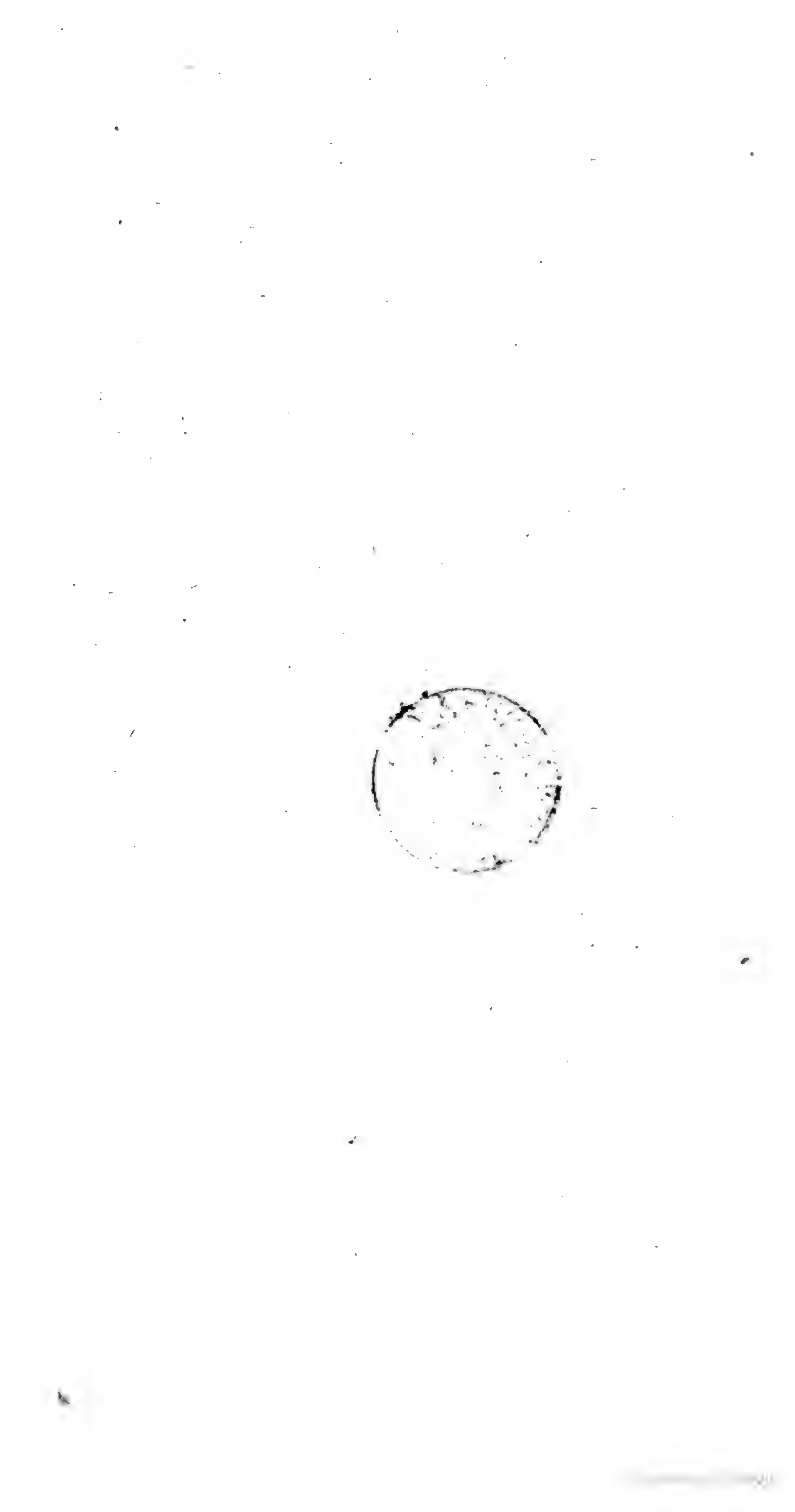
Windbüchse 387. N. 414
Windofen, Luftzug desselben 567 N. 828
Wirkungskreis, electrischer 1254. 1307. 1313
Wismuth 118. 144. N. 1067. Verdampfung desselb. 580. N. Charakter desselben 1122
Wismuthkalk 1122. N.
Witherit 906
Wolfram 118. 1067. Wolframmetall, Charakter und Kalk desselben 1129
Wolframsäure 864. 870. 1129
Wolken 592. 944
Würfel, metallener in Wasser gewogen 333. N. zinnerner und bleyerner, abgewogen in einerley Flüssigkeit 334. N. hölzerne, Eintauchen derselben in Flüssigkeiten 344. N.
Wunderbar 1. N.
Wurfbewegung 267 ff. Galilei's Gesetz derselben 267. anfängliche Geschwindigkeit, Gewalt derselben 268

Z.

Zaffer 1125. N.
Zange, als Hebel 283. N.
Zapfen, beym Hebel 282
Zaubergemählde, Franklinisches 1334. N.
Zauberlaterne, Kirchers 713
Zauberperspectiv 687. N.
Zeichnungen, anamorphotische, und Instrument dazu 691. N.
Zeit, bey jeder Bewegung 69 ff.
Zerfließen und Nichtzerfließen der Körper auf andere 151. N.
Zerlegung. Zersetzung. Zerstückung. Zertheilung 115. Zersetzung der Gasarten durch Feuer, Gährung der Fäu[illegible] niß [illegible]
Zerreißen der Körper, Ver[illegible] che davon [illegible]
Zerstreuungsgläser. Zerstr[illegible] ungspunct [illegible]
Zeugmaschinen, electrische [illegible]
Zink 118. 1067. Verdampfung desselben 580. N. Charakter desselben 1121. schwefel[illegible] res [illegible]
Zinkamalgama, bey der Electricität [illegible]
Zinkblumen. Zinkkalk. Zinkvitriol [illegible]
Zinn 118. 1067. Charakter desselben [illegible]
Zinnamalgama [illegible]
Zinnasche [illegible]
Zinnbaum 143. N. [illegible]
Zinnbutter. Zinnkalk, [illegible] kommener, unvollkommener 1120 und [illegible]
Zinnplatten, regulinische [illegible]
Zinnober [illegible]
Zirkonerde 118. [illegible]
Zitronensäure 864. 1162. Zitronensaft [illegible]
Zitteraal. Zitterrochen. Zitterwels [illegible]
Zucker, ist ein Oxid [illegible] 1135. Charakter desselben [illegible]
Zuckersäure [illegible]
Zuleiter, electrischer [illegible]
Zurückstrahl. d. Lichts; [illegible]
Zurückstrahlungswinkel [illegible]
Zusammenhängen, der Körper [illegible]
Zusammenleimen [illegible]
Zusammensetzung. Zusammenhäufung [illegible]
Zusammenziehender Stoff [illegible]
Zwischenraum, leerer [illegible]

Fi





ig. 2

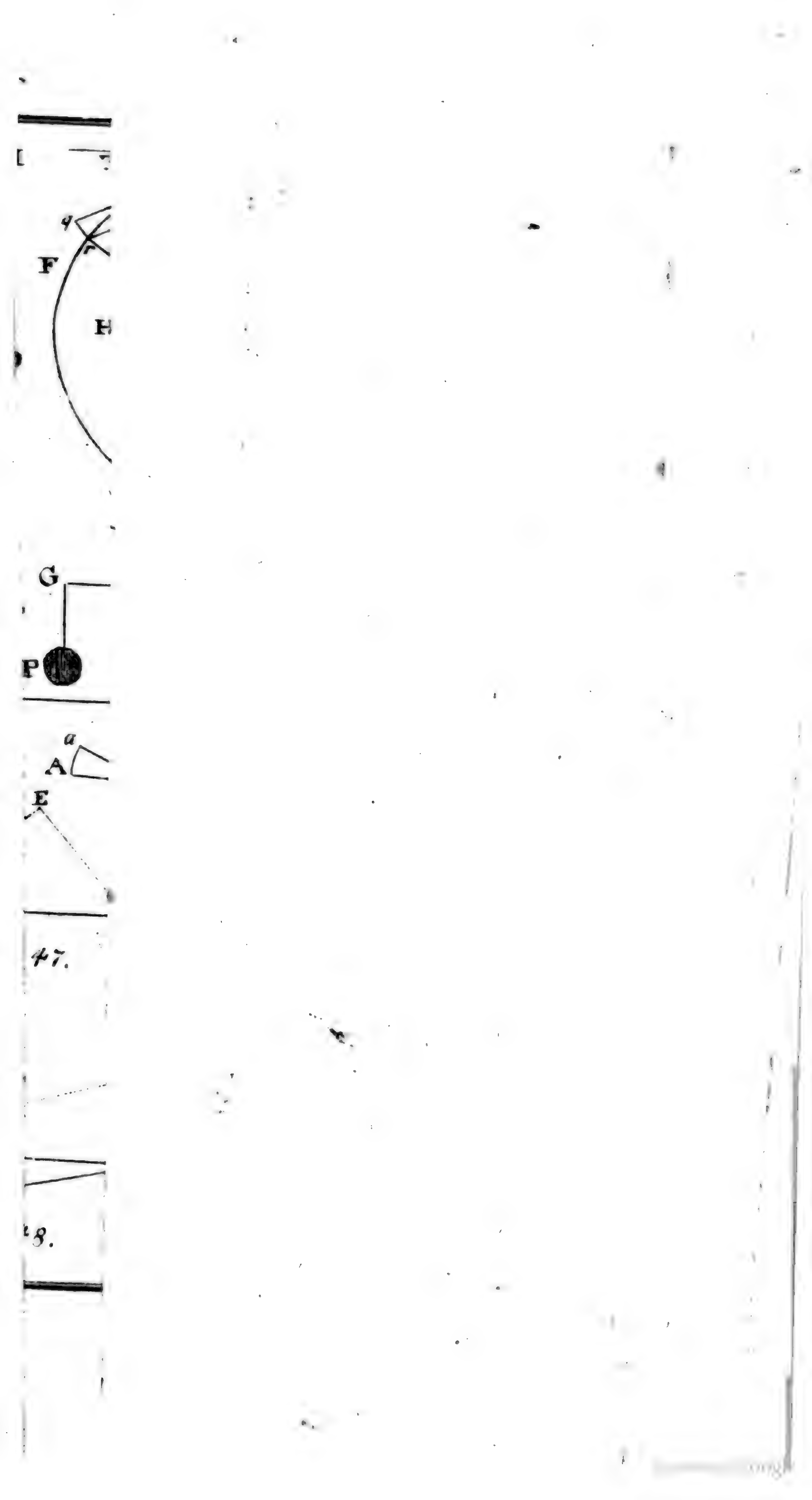
F

D

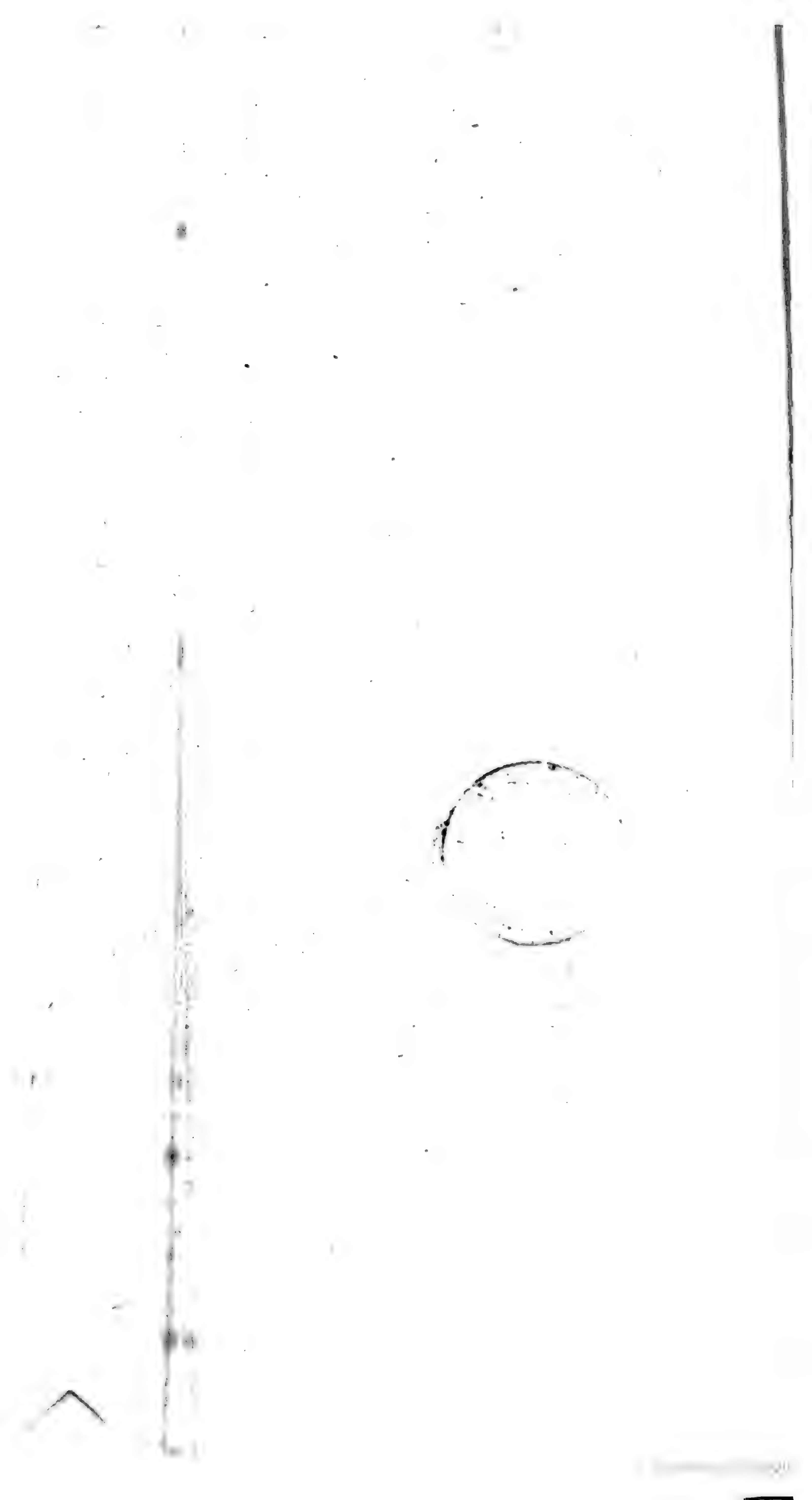
C

B

Digitized by Google



q
F
H
G
P
a
A
E
47.
8.



Fi

c

t

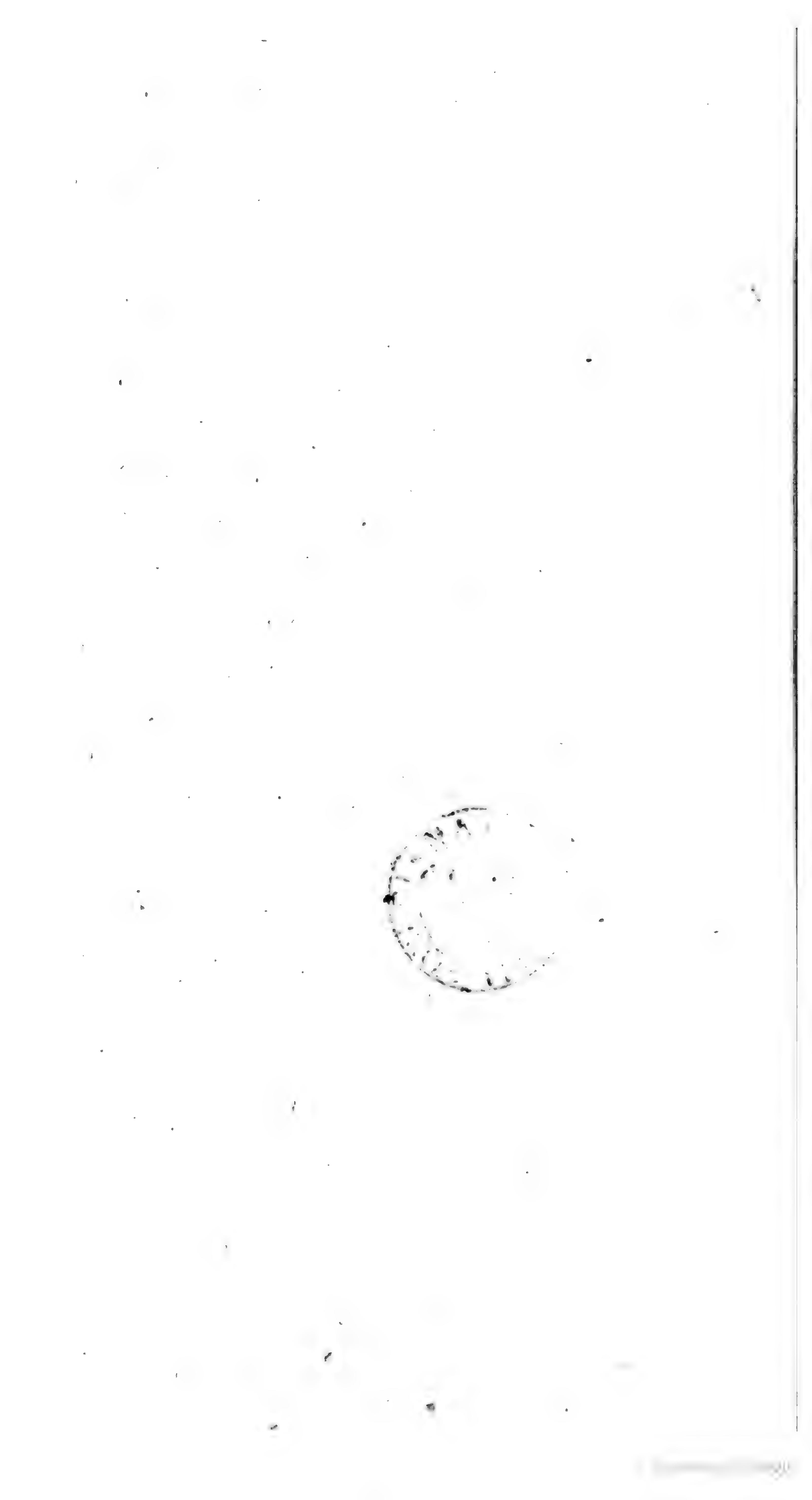
D

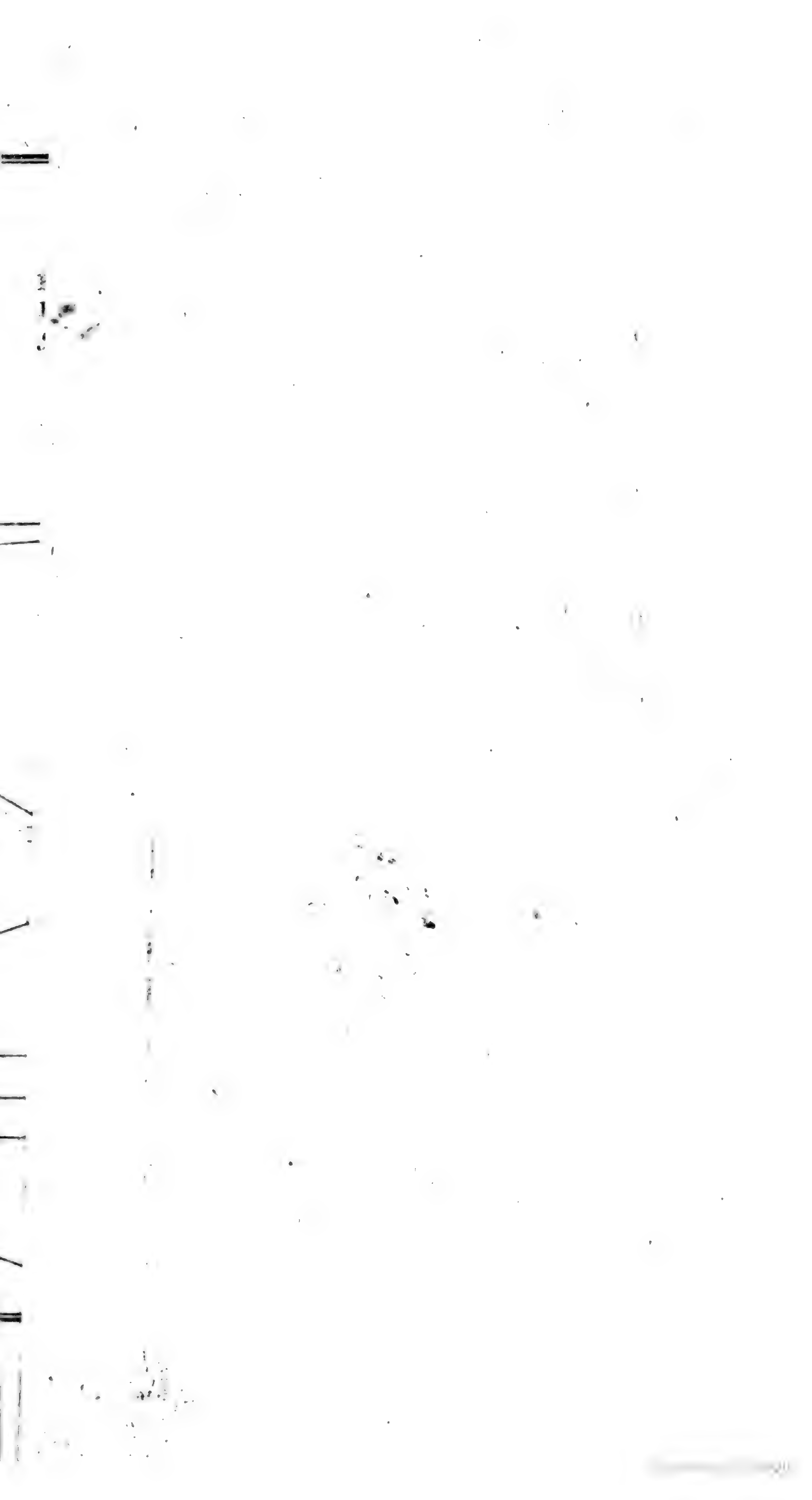
L

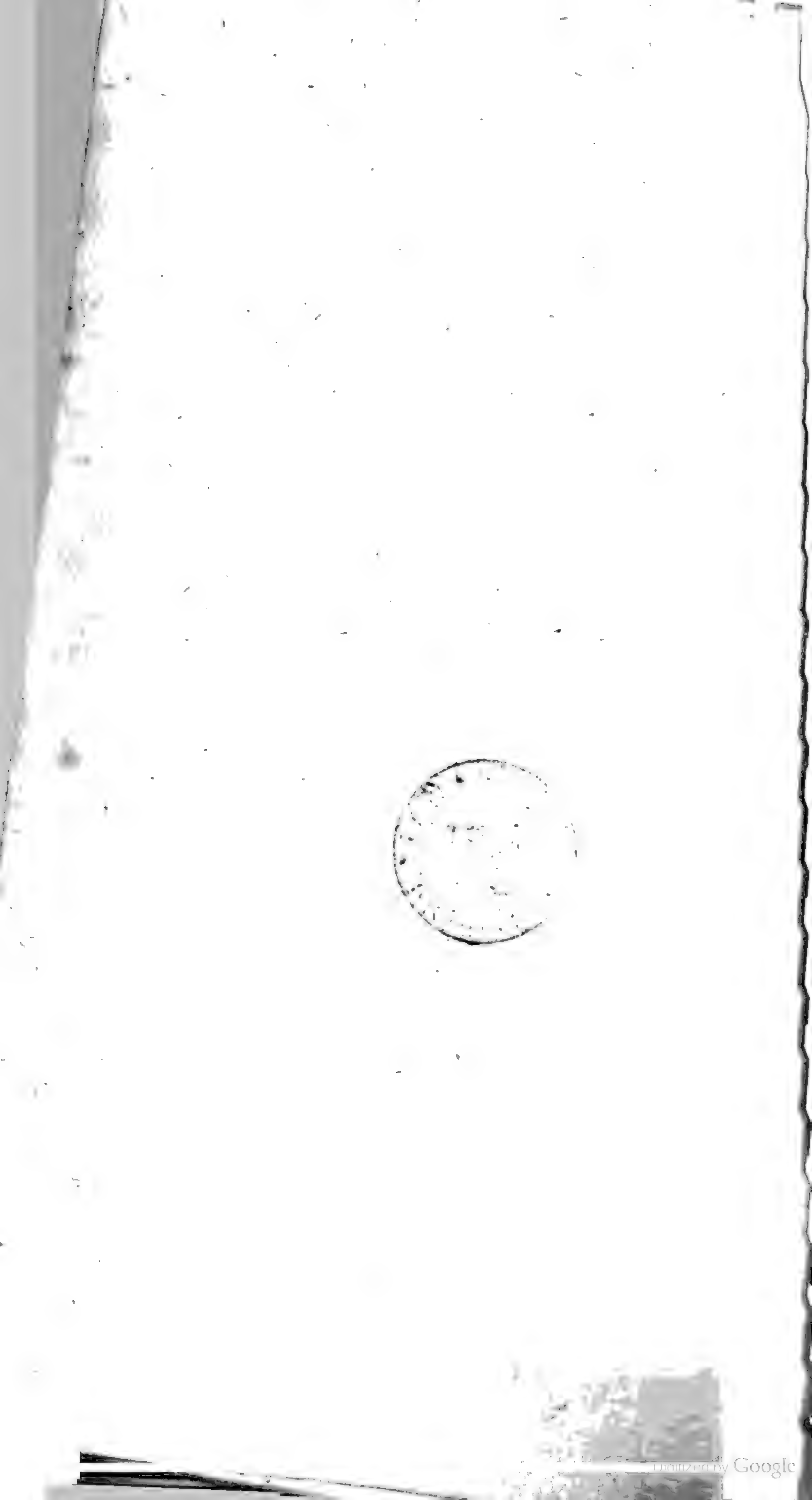
64.

D d F ∂

C c

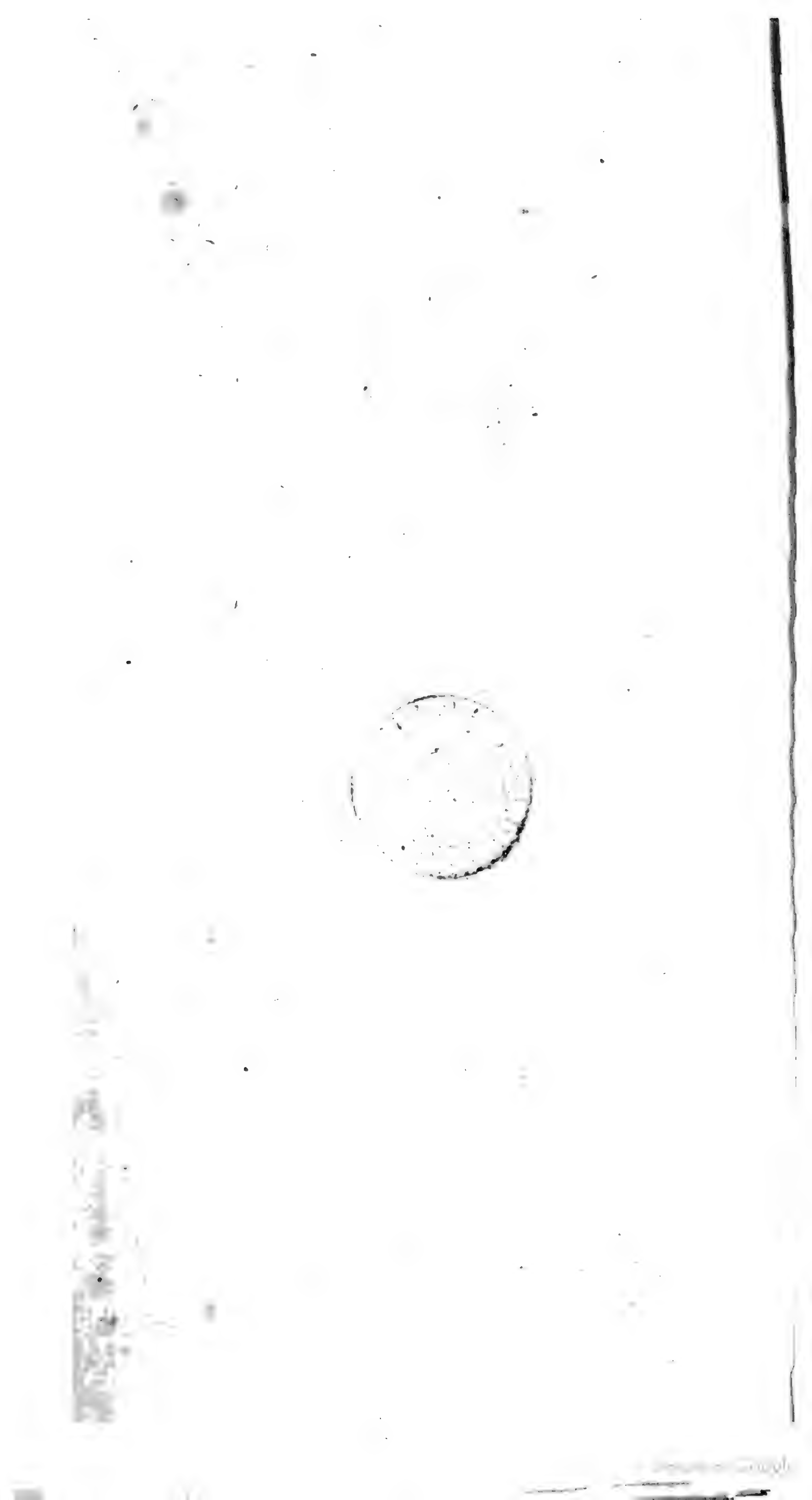






Digitized by Google

7.
C



Digitized by Google

Fig. 79.

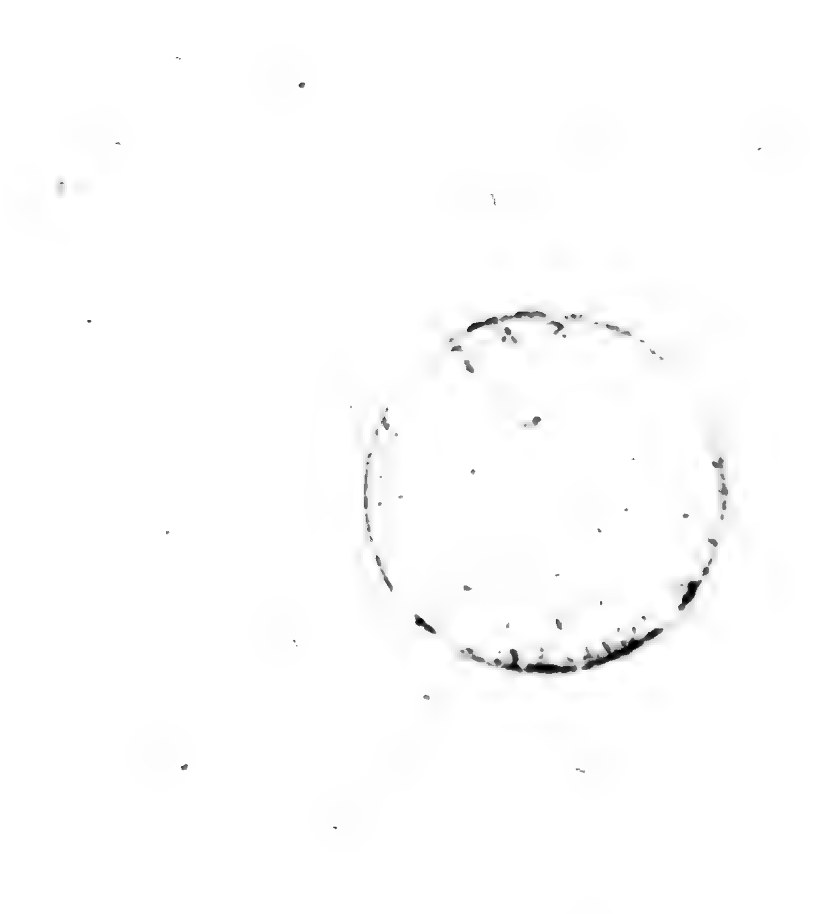
F

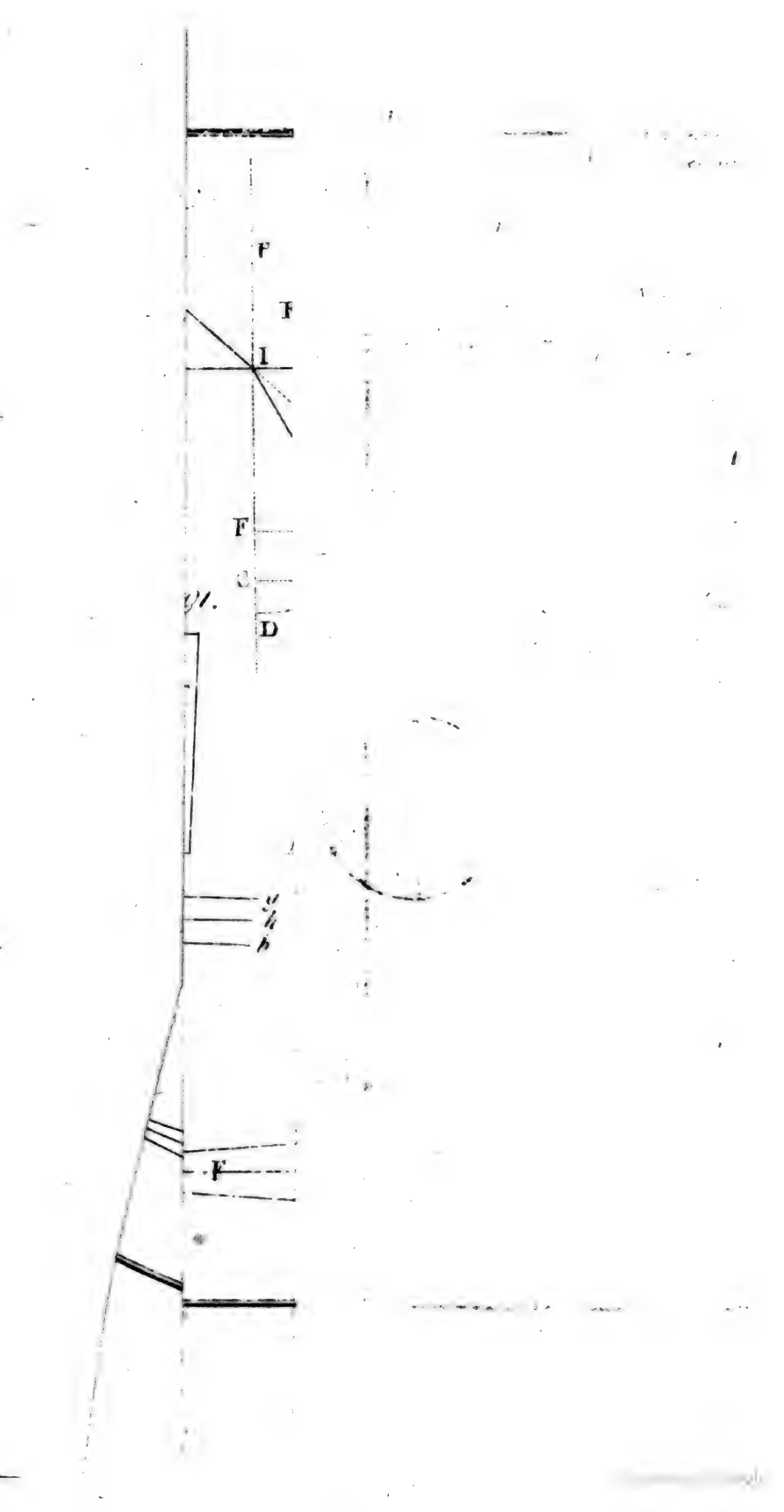
g

h

i

k



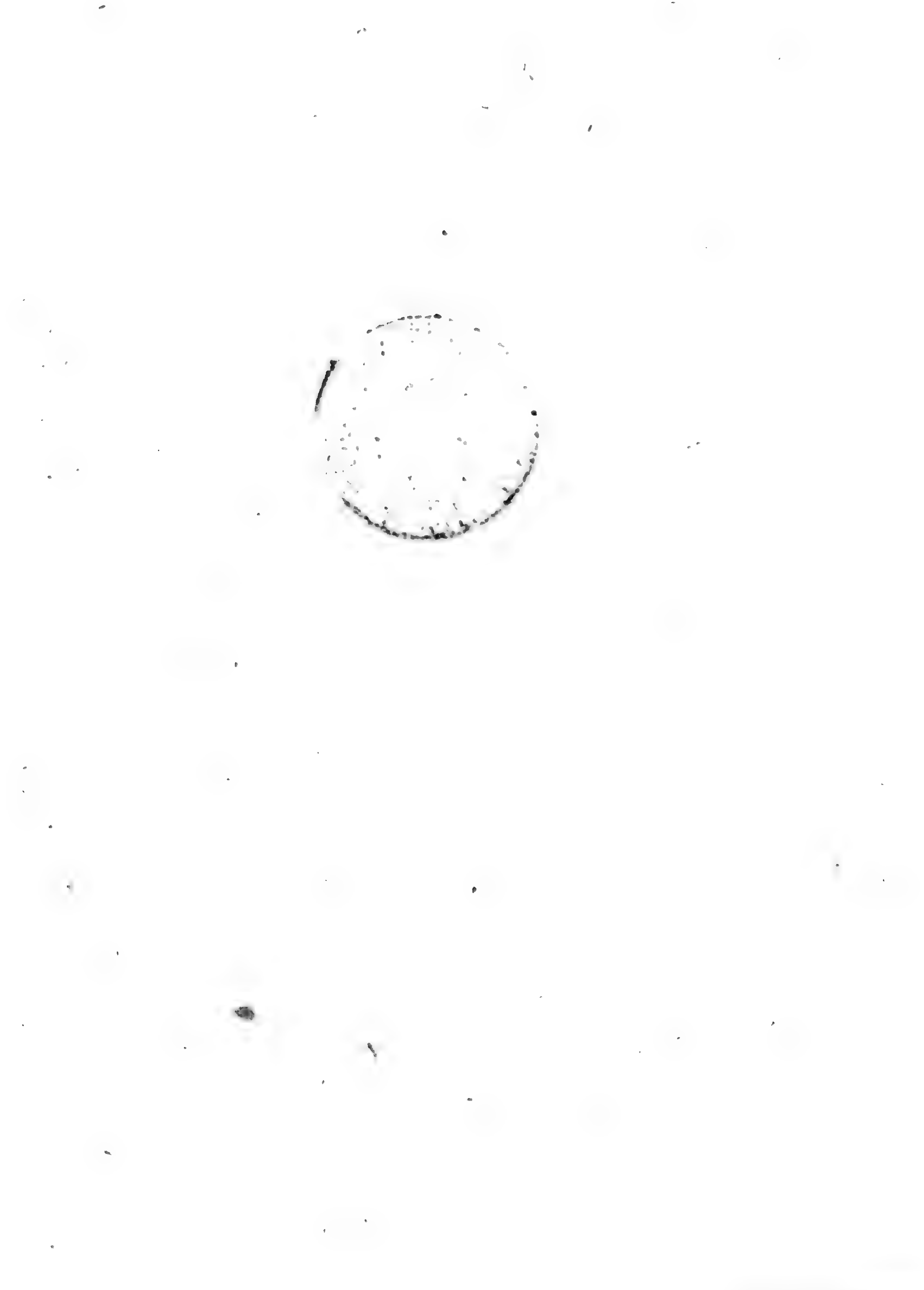


F
F
I
F
C
D
g
h
p
F

Digitized by Google

Fig.

ig.101.



Digitized by Google

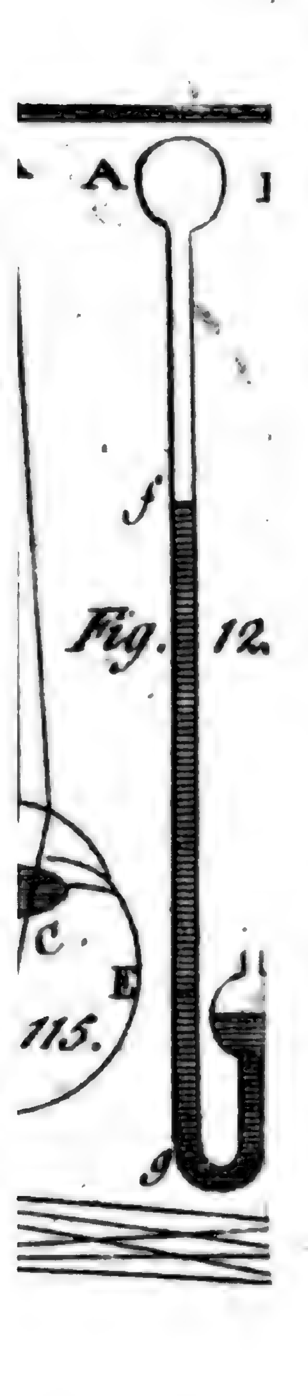
d

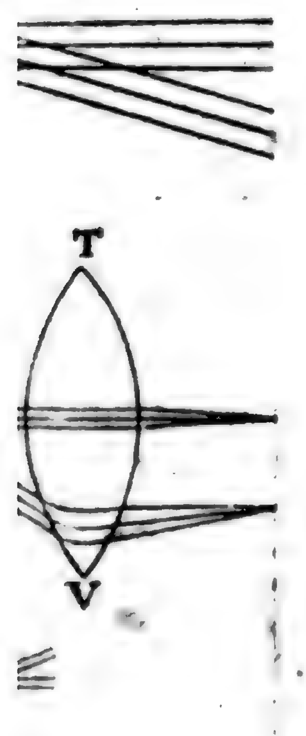
e

D

S

E


A
f
Fig. 12.
C
E
115.
g


T
V

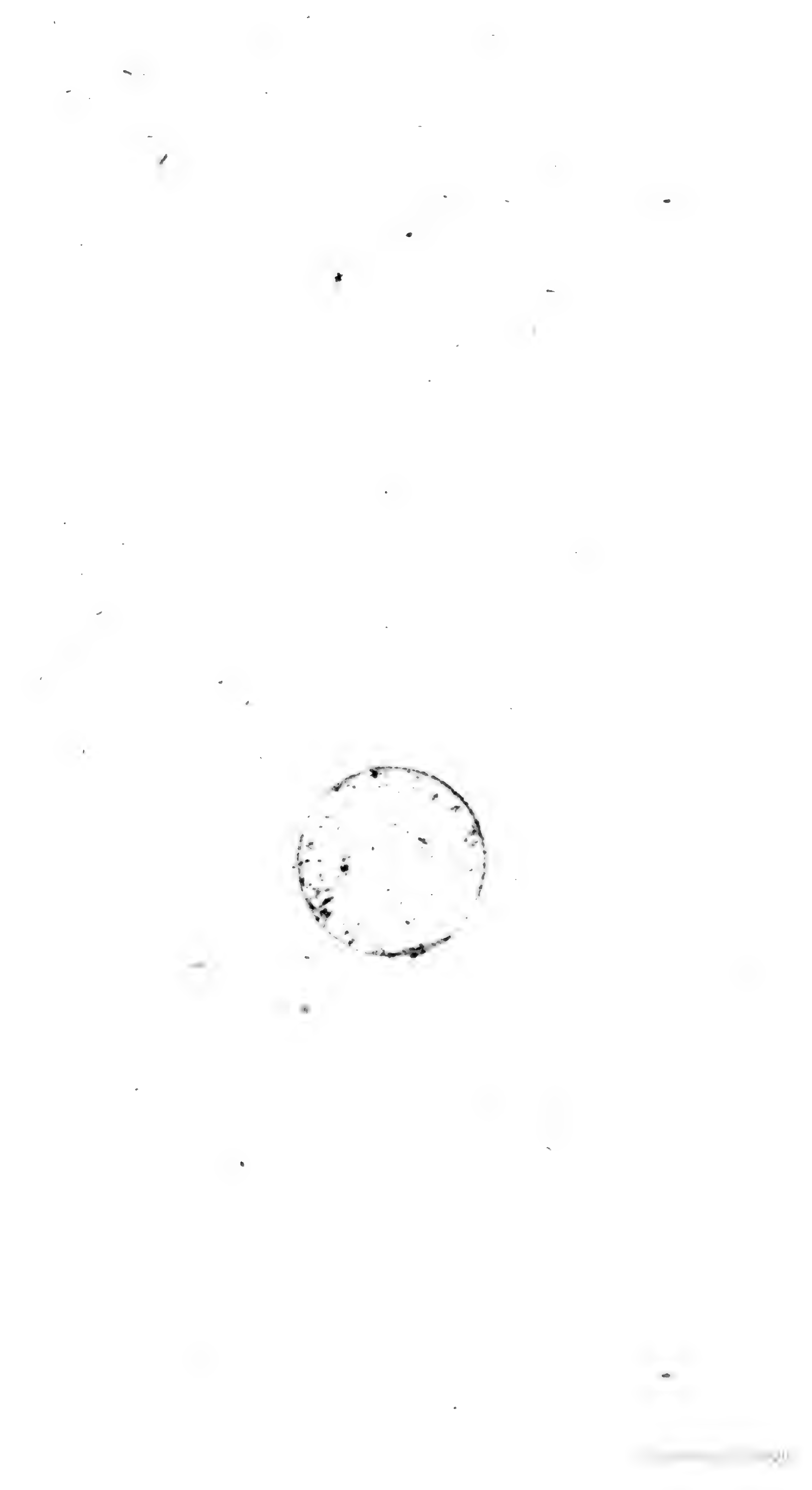


Fig.

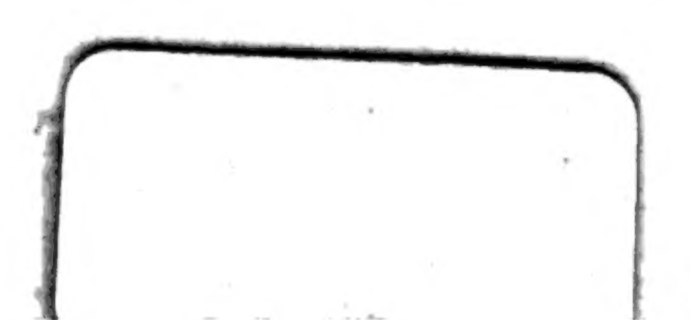
B

p

A

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Go